

BAMBU, SABER POPULAR E SUSTENTABILIDADE: PESQUISA, ENSINO E EXTENSÃO

Horacio Saleme

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán | hesaleme@gmail.com

Soledad Aráoz

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán | saraoz@herrera.unt.edu.ar

María Eugenia Ocón

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán | eocon@herrera.unt.edu.ar

Marcos Toranzos Astorga

Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán | mtoranzos@herrera.unt.edu.ar

EIXO TEMÁTICO: Ensino e Práticas Extensionistas

Resumo: No final do século passado, uma universidade provincial desenvolveu um Projeto de Promoção Comunitária em áreas rurais para melhorar as condições materiais, educacionais e econômicas das comunidades rurais. Diversas unidades acadêmicas da instituição participaram, e a Faculdade de Arquitetura realizou um estudo sobre a qualidade de habitações populares com vistas a melhorar sua habitabilidade e resiliência, particularmente a terremotos. Visitas às comunidades envolvidas revelaram que, em áreas significativas da região, o bambu era usado para fins domésticos e para a construção de casas, armazéns e cercas. Observou-se também que a capacidade estrutural e a flexibilidade do material o tornavam altamente adequado para zonas sísmicas. Portanto, dadas as necessidades apresentadas, recomendou-se alavancar o conhecimento camponês para otimizar, com pouquíssima inovação tecnológica, o que já era uma tradição na construção rural popular. E assim foi feito: os bambus locais, suas características físicas e tecnológicas e o contexto histórico de seu uso na região foram investigados. Isso abriu um universo de possibilidades, tanto arquitetônicas e tecnológicas, quanto didáticas, para o ensino em todos os níveis. Começamos com alunos de graduação projetando e construindo tipos estruturais apropriados para o bambu, descobrindo inúmeras alternativas morfológicas e estruturais que, combinadas com suas propriedades ambientais excepcionais, permitem o desenvolvimento sustentável. Como resultado, inúmeros cursos e workshops foram realizados em universidades, ONGs e órgãos públicos, o que, em muitos casos, levou à adoção do material em diversos contextos. Ao mesmo tempo, as experiências desenvolvidas foram aplicadas a diversos projetos em escalas doméstica, institucional e educacional, o maior dos quais foi o projeto e a construção de uma escola rural. Propomo-nos a apresentar todas as nossas realizações e nossos planos para o futuro. Ω

Palavras-chave: Arquitetura popular; Bambu; Design sismorresistente; Extensão universitária; Psicogênese

BAMBOO, POPULAR KNOWLEDGE AND SUSTAINABILITY: RESEARCH, TEACHING AND UNIVERSITY EXTENSION

Abstract: At the end of the last century, a provincial university developed a Community Promotion Project in rural areas to improve the material, educational, and economic conditions of rural communities. Several academic units of the institution participated, and the Faculty of Architecture undertook a study on the quality of popular housing with a view to improving its habitability and resilience, particularly to earthquakes. Visiting the involved communities revealed that, in significant areas of the region, bamboo was used for domestic purposes and for the construction of houses, warehouses, and fences. It was also noted that the material's structural capacity and flexibility made it highly suitable for seismic zones. Therefore, given the requirements presented, it was recommended to leverage peasant knowledge to optimize, with very little technological innovation, what was already a tradition in popular rural construction. And so it was done: local bamboos, their physical and technological characteristics, and the historical background of their use in the region were investigated. This opened up a universe of possibilities, both architectural and technological, as well as didactic, for teaching at all levels. We began with undergraduate students designing and building appropriate structural types for bamboo, discovering numerous morphological and structural alternatives that, combined with its exceptional environmental properties, allow for sustainable development. As a result, numerous courses and workshops were held at universities, NGOs, and public agencies, which, in many cases, led to the adoption of the material in various contexts. At the same time, the experiences developed were applied to various projects on domestic, institutional, and educational scales, the largest of which was the design and construction of a rural school. We propose to present all our achievements and our plans for the future. Ω

Keywords: Vernacular architecture; Bamboo; Seismic-resistant design; University outreach; Psychogenesis

BAMBÚ, SABER POPULAR Y SUSTENTABILIDAD: INVESTIGACIÓN, DOCENCIA Y EXTENSIÓN

Resumen: A fines del siglo pasado una universidad de provincia desarrollaba un Proyecto de Promoción Comunitaria en zonas rurales para mejorar las condiciones materiales, educativas y económicas de los pueblos campesinos. Participaron varias unidades académicas de la casa y la facultad de arquitectura encaró un estudio sobre la calidad de las viviendas populares con miras a mejorar su habitabilidad y su capacidad resistente, particularmente a los sismos. Recorrer las localidades involucradas evidenció que, en importantes zonas de la región, se utilizaba el bambú para usos domésticos y para la construcción de viviendas, depósitos y cercas. Se advirtió, además, que la capacidad estructural y la flexibilidad del material lo hacían muy apropiado para zonas sísmicas, por lo que se recomendó, ante los requerimientos planteados, aprovechar el conocimiento campesino para optimizar, con muy poca innovación tecnológica, lo que ya era una tradición en las construcciones rurales populares. Y así se hizo: Se investigaron los bambúes locales, sus características físicas y tecnológicas y los antecedentes históricos de su uso en la región. Esto abrió un universo de posibilidades, tanto arquitectónicas y tecnológicas como didácticas, para la enseñanza en todos sus niveles. Se comenzó, con estudiantes de grado, por diseñar y construir los tipos estructurales apropiados para el bambú, encontrando muchísimas alternativas morfológico-estructurales que, sumadas a sus excepcionales propiedades ambientales, permiten un desarrollo sustentable. Consecuencia de esto, se realizaron múltiples cursos y talleres en universidades, ONGs, y organismos públicos que, en muchos casos, indujeron a la adopción del material en variados contextos. Al mismo tiempo las experiencias desarrolladas se volcaron en diversas obras a escala doméstica, institucional y educativa, la mayor de las cuales fue el proyecto y construcción de una escuela rural. Nos proponemos presentar todo lo hecho y los planes para el futuro. Ω

Palabras clave: Arquitectura popular; Bambú; Diseño sismorresistente; Extensión universitaria; Psicogénesis

1. INTRODUCCIÓN

La Provincia de Tucumán se halla en la región del noroeste argentino (NOA). Con 22.524 km² y 1.750.000 habitantes, es la más pequeña y densamente poblada de las provincias argentinas. La Capital es San Miguel de Tucumán, cuya área metropolitana alberga 1.070.000 habitantes. Es un área subtropical, distanciada 300 km del trópico de Capricornio. Climáticamente tiene grandes variaciones de temperatura entre un verano lluvioso y un invierno seco.

La geografía tucumana es una conjunción de llanos y montañas. Las Cumbres Calchaquies y los Nevados del Aconquija, al oeste, constituyen sus principales macizos montañosos, con grandes valles intermontanos. Las llanuras del este son la base de sus centros urbanos y cultivos, de sus ingenios y plantas industriales. Su variedad paisajística es de tipo altitudinal.

Tucumán se ha caracterizado, a lo largo de su historia, por la explotación de la caña de azúcar y su industrialización. La naturaleza de esta actividad económica y su inestabilidad ha provocado profundas y recurrentes crisis en la provincia que la han obligado a emprender un largo proceso de reconversión y diversificación. Cítricos, soja, tabaco y hortalizas son otros cultivos de gran importancia para su economía. También es significativo el desarrollo de las industrias metal-mecánicas. La ganadería es de menor importancia relativa.

Las diferentes regiones geográficas condicionan el tipo de vivienda y de las construcciones populares que, en general, se adecuan al paisaje. Así, en los Valles Calchaquies las casas se hacen de adobe con techo de tierra y jarilla mientras que en los llanos del este predominan los ranchos de cañas huecas constituyendo entramados, con o sin revoque de barro. La Provincia sufrió en diversas oportunidades los efectos de sismos con epicentro dentro de su territorio y se la considera zona de peligrosidad sísmica moderada. Esto también condiciona, o debe condicionar, las técnicas constructivas.

La expansión de las fronteras agropecuarias, a lo largo del siglo pasado, trajo como consecuencia la desestabilización de los cauces de los ríos convirtiendo a estas áreas en cuencas críticas por los nefastos efectos que causan las crecidas y los desbordes de las aguas en épocas de lluvia. Los desequilibrios ecológicos así producidos tienen elevadísimos costos.

Tucumán acredita una gran tradición cultural. Su principal referente es la Universidad Nacional de Tucumán (UNT), la más importante del NOA. Creada en 1914, fue objetivo de sus fundadores el estudio del medio natural y cultural donde la universidad se asienta. Desde entonces no ha dejado de expandir sus servicios docentes y científicos aumentando su influencia cultural y social.

2. EL PROYECTO "BAMBÚ"

A fines del siglo XX, con la inserción de grupos interdisciplinarios en poblaciones rurales de la Provincia, la UNT, fiel a su espíritu fundacional, buscó unir sus conocimientos científicos y tecnológicos a la experiencia de vida de los habitantes. Fomentó el crecimiento tanto de la comunidad rural como de la universitaria con el replanteo de los planes de investigación y de docencia a partir del conocimiento de la realidad, humana, geográfica, económica y cultural.

En este marco, la primera cátedra de Estructuras de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo (FAU), comenzó a investigar las modestas construcciones de cañas huecas, muy difundidas en el este tucumano, con miras a mejorar las tecnologías populares, dar continuidad a una tradición constructiva y optimizar sus posibilidades. Como un "modus operandi", desde el inicio del Proyecto Bambú se trabajó con estudiantes en la investigación del material y en el diseño de formas constructivo-estructurales, integrando la docencia y la investigación.

Las cañas huecas o bambúes no son árboles sino gramíneas leñosas arborescentes. La familia de las Bambusoideae comprende alrededor de 1300 especies, entre herbáceas y leñosas. En las llanuras del este tucumano se dan diversas especies y, en menor medida, se dan en el pedemonte de los Nevados del Aconquija. Las especies que crecen en Tucumán no son de origen autóctono sino que fueron incorporadas al medio por los pioneros de la producción azucarera. Se difundieron muy rápidamente y hoy son muy utilizadas en modestas viviendas rurales, secaderos de tabaco, stands, muebles y cercos. Las especies más utilizadas son la *Bambusa Vulgaris* (bambú amarillo), el *Dendrocalamus* (bambú común) y la *Bambusa Tuldoidea* Munro (caña tacuara).

Figura 1:



Izquierda: Mata de bambú. Derecha: Construcción en bambú, popular en el este tucumano
Fuente: Creada por los autores.

El Bambú está constituido por el rizoma, subterráneo, rugoso y grueso, donde se acumulan sustancias de reserva, y el tallo, cilíndrico, con entrenudos huecos separados por tabiques transversales que posibilitan su flexibilidad y rigidez en forma simultánea. Algunas especies en Tucumán llegan a tener hasta 0,20 m de diámetro, alcanzando una altura de hasta 30 mts. Por su particular modo de crecimiento, los rizomas constituyen una verdadera "armadura" del suelo, muy apropiada para evitar la erosión. Al mismo tiempo, la biodiversidad que generan los bambusales enriquece y recupera estos suelos de forma relativamente acelerada.

2.1 DESARROLLO DEL PROYECTO

Al comenzar a estudiar las distintas variedades de bambúes que crecen en el medio y analizar sus propiedades físico-mecánicas, químicas y tecnológicas, se tomó conciencia del enorme potencial que ofrecen, no tan sólo para resolver viviendas y construcciones rurales de interés social, sino también para construcciones más importantes como estructuras de grandes luces, puentes, muros de sostenimiento y hasta construcciones suntuarias. Esto sin considerar todavía su aplicación en una gran variedad de industrias y artesanías, como la del mueble, papel, contrachapados, combustibles y alimentos.

La gran resistencia y flexibilidad de las bambúseas, además de su liviandad, las hacen muy adecuadas para resolver construcciones sismo-resistentes. En efecto, por su liviandad, las cargas sísmicas pierden importancia relativa, su gran resistencia le permite absorber prácticamente cualquier tipo de sollicitación (dependiendo únicamente de un adecuado diseño estructural y de una correcta resolución constructiva), y su flexibilidad le da una gran capacidad para disipar la energía sísmica. No obstante ello, se han realizado numerosas experiencias de laboratorio para determinar la resistencia a compresión, tracción y corte de nuestras especies.

Las viviendas populares de bambú son fáciles de construir y reparar: con muy poca innovación tecnológica sobre las primitivas técnicas campesinas se pueden lograr construcciones de bajo costo, comparables en su calidad a las de los sistemas tradicionales. El principal inconveniente del bambú como material de construcción lo constituye su vulnerabilidad a la humedad, los insectos, los hongos y el fuego, como en casi todos los materiales leñosos.

El aprovechamiento de las propiedades del material y las técnicas constructivas apropiadas para el bambú fue un paso muy importante para alentar su uso racional y para elevar la calidad de vida del hombre rural. Al mismo tiempo, si a escala regional se continuara en esa dirección, podría significar un poderoso impulso en sus economías al promover industrias y tecnologías de escala.

2.2 LAS TÉCNICAS POPULARES. SU MEJORAMIENTO Y DESARROLLO DE ALTERNATIVAS TIPOLOGICAS CONSTRUCTIVO-ESTRUCTURALES.

Los procesos constructivos en caña son muy elementales en nuestro medio. En general, se las utiliza como vigas simplemente apoyadas, muy deformables por su flexibilidad. La primera solución aportada desde la investigación a la gran deformabilidad fue disponer una columna flotante y atensorar las vigas con alambres de alta resistencia (para alambrados) para anular la flecha y aumentar sensiblemente su capacidad resistente.

Posteriormente, a partir de triangulaciones, se fueron generando nuevas formas y tipos estructurales hasta lograr cerchas de diversas configuraciones. Estas experiencias se realizaron con estudiantes y luego fueron transferidas a localidades rurales. Se llevaron a cabo modelos de tipos estructurales denominados planos y estereoestructuras. Estas últimas, con un adecuado diseño de uniones, resultan más eficientes por la mayor estabilidad inicial que el sistema conlleva.

Las técnicas tradicionales de unión son en base a ataduras. Se han experimentado variantes con acero, madera y concreto de cemento con alma metálica. Obviamente, las uniones de piezas comprimidas son simples, y no requieren mayores complicaciones constructivas. Para las uniones de piezas traccionadas hay muchas alternativas con elementos auxiliares.

Las uniones con concreto de cemento también han probado su eficiencia. Esta depende, en buena medida, del estado de humedad del bambú que condiciona la absorción de la humedad del concreto por parte de las paredes de la caña y, en consecuencia, su mayor o menor adherencia. Si bien para introducir el concreto es necesario realizar orificios próximos a los nudos, al rellenar el espacio de algún modo se restaura esa pequeña herida y se transfieren las solicitaciones de tracción en un empuje homogéneo sobre los tímpanos de los nudos que son resistentes al corte.

Para la determinación de la eficiencia de estructuras elementales de bambú se hicieron probetas y modelos que resultaron altamente eficientes en función de la relación carga soportada/peso de la estructura. Como ejemplo, una probeta de quebracho colorado de 0,10 m. de diámetro y 0,30 m. de altura se rompe a compresión con una carga promedio de 46 Tn. Una probeta de bambú de medidas casi idénticas, se rompe a 21 Tn. Las probetas de quebracho pesan en promedio 3 kg., y las de bambú 0,500 kg. El resultado de la relación carga/peso evidencia que el quebracho se rompe con una carga 15.500 veces la de su peso propio, y el bambú con una carga 42.000 veces mayor que el suyo. Es decir, resulta mucho más eficiente.

Naturalmente, hay una dispersión de valores por tratarse de materiales orgánicos, pero la tendencia es constante a favor de la eficiencia del bambú. No debemos olvidar, de cualquier manera, que las probetas de bambú son huecas y las de quebracho macizas.

Es decir que la misma forma de la sección es "per se" más eficiente aunque en ella influye el pandeo de las paredes, condicionado a su vez por su espesor y por la separación entre nudos.

Desde el punto de vista de los cerramientos utilizados tradicionalmente, las tramas de cañas revocadas en barro se mejoran sensiblemente con el uso de suelo-cemento, revoques a la cal o concreto de cemento sobre metal desplegado. Esta técnica tiene mucho que ver con los sistemas de "quincha" peruana o con el "bahareque" de la región centro-occidental de Colombia.

2.3 APRENDER INVESTIGANDO

Como ya expresamos, desde el inicio del Proyecto Bambú se trabajó con estudiantes de grado tanto en la investigación del material como en el diseño de formas constructivo-estructurales. En ese sentido nos inspiró Jean Piaget, epistemólogo suizo, que analizó la forma en que los seres humanos acceden al conocimiento. Él señaló bien que la adquisición de conocimientos se basa en la actividad del sujeto en interacción con el objeto de conocimiento.

En la teoría de Piaget, el conocimiento objetivo aparece como un logro y no como un dato inicial. Entre una concepción del sujeto del aprendizaje como receptor de un conocimiento recibido desde afuera y la concepción de este mismo sujeto como un productor de conocimiento, hay una diferencia abismal. En tal sentido expresó:

"La meta principal de la educación es crear hombres que sean capaces de hacer cosas nuevas, no simplemente de repetir lo que otras generaciones han hecho; hombres que sean creativos, inventores y descubridores. La segunda meta de la educación es formar mentes que puedan ser críticas, que puedan verificar y no aceptar todo lo que se les ofrece."¹

En el campo de la arquitectura es necesario insistir en la "heurística" - en el sentido de arte de inventar - más que en formulaciones, modelos o recetas, que pueden perder vigencia antes de la graduación del estudiante. Por eso el bambú ha resultado particularmente adecuado para estimular a los estudiantes en el estudio del diseño arquitectónico-estructural. Por otra parte, la falta de prejuicios del joven muchas veces posibilita notables logros y soluciones ingeniosas resultado de aplicar sus talentos y el sentido común. La aprehensión de los conceptos estructurales, además, se nutre de la propia experiencia del estudiante que maneja desde la estructura de su propio cuerpo

¹ Conferencia sobre Estudios Cognitivos y Desarrollo del Currículo (Conference on Cognitive Studies and Curriculum Development), celebrada en marzo de 1964 en la Universidad de Cornell y la de California. Se reunió a educadores, psicólogos y especialistas en diversas materias para discutir la relación entre los estudios cognitivos y el desarrollo de planes de estudio. Piaget fue consultor principal.

hasta el variadísimo repertorio de elementos de uso corriente, lúdico, deportivo e instrumental.

Figura 2:



Estructuras de Bambú diseñadas y construidas por estudiantes de Estructuras FAU - UNT.
Fuente: Creada por los autores.

8

El buen diseñador, en todos los campos del diseño, es el que aprovecha todas las propiedades del material con que trabaja neutralizando con diseño sus limitaciones. Si a ello se le suma la observación de la naturaleza, fundamento de la biónica y de la biomimesis, tanto más enriquecedora es la experiencia y tanto más sólido el aprendizaje.

Estudiar el Bambú, por otra parte, supone también trabajar con otros profesionales como botánicos, agrónomos, químicos, ingenieros estructurales y artesanos. Esto implica, necesariamente, la colaboración interdisciplinaria tan relevante en estos tiempos de inteligencia artificial. Demostramos así que la participación de estudiantes en los proyectos de investigación y transferencia, constituye una poderosa herramienta didáctica para el desarrollo de la capacidad creadora y el conocimiento de la realidad que la experiencia conlleva.

Los resultados son significativos en lo que hace a la adquisición de conocimientos y al desarrollo de aptitudes y habilidades. Los estudiantes de arquitectura, que suelen ver a las disciplinas tecnológicas como un mero obstáculo a salvar, al trabajar con realidades y materiales concretos comprenden y se entusiasman por estos aspectos de la carrera y aportan con sus ideas mucho más de lo que en principio parece posible.

Ellos mismos, en el proyecto, fueron generando diversos sistemas estructurales, a partir de las tipologías elementales que usa el campesino. Desde la viga simple de caña, propusieron la viga atensorada y luego diversos reticulados planos, estereoreticulados, arcos, pórticos, paraboloides hiperbólicos simples y combinados, cúpulas geodésicas, conoides y entramados lineales rectos y de simple y doble curvatura. Las cubiertas de estas estructuras, según su destino y la durabilidad programada, son factibles con textiles, ferrocemento, concreto reforzado con metal desplegado u otras tramas sintéticas. Esto sin perjuicio de las clásicas de chapa metálica u hormigón armado en los sistemas que las admiten.

Las experiencias de Laboratorio permitieron determinar resistencias admisibles, asumiendo la dispersión de valores por tratarse de un material natural, establecer criterios de dimensionado ad hoc y diseñar tipos especiales de uniones, principal problema tecnológico del bambú. También se estudiaron formas de curado, tratamientos ignífugos y contra insectos.

La participación de los estudiantes de grado en las primeras experiencias de diseño y construcción con bambú constituyó, en algunos casos, un punto de inflexión en sus trayectorias formativas. El contacto directo con el material, a través de la experimentación estructural y la construcción a escala real, permitió comprender la relación indisoluble entre materia, técnica y espacio. La exploración de tipos estructurales, sistemas de unión y configuraciones espaciales no se limitó a un ejercicio académico sino que instaló una lógica proyectual basada en el entendimiento profundo del comportamiento del material.

En varios estudiantes, esta experiencia inicial derivó en proyectos finales de carrera donde integraron diseño arquitectónico y estructural como una unidad conceptual, adoptando el bambú como elemento principal en coherencia con un aprendizaje que articuló técnica, territorio y saber popular.

Figura 3:



Izquierda: Proyecto Final de Carrera Marcos Toranzos Astorga. Derecha: Quincho con estereoreticulado. M. Toranzos A.
Fuente: Creada por los autores.

3. EL BAMBÚ COMO MATERIAL SISMO - RESISTENTE

Al comenzar a estudiar la arquitectura en zonas sísmicas y la evolución de las normas sismorresistentes se nos decía que la ingeniería sísmica había nacido en los años 40 del siglo XX y la arquitectura sismorresistente alrededor de la década del 70 del mismo siglo. Fue cuando se tomó conciencia de que la seguridad sísmica no se logra colocando una estructura suplementaria a un edificio concebido como cualquier otro, en cualquier lugar.

Sin haber abarcado todos los países con alta actividad sísmica y sólo considerando los antecedentes en Sudamérica, nos encontramos que desde hace siglos los terremotos habían inducido la búsqueda de alternativas constructivas para evitar o minimizar los daños que los mismos venían ocasionando.

3.1 LA QUINCHA PERUANA

En el Perú, particularmente en la costa, todavía se encuentran muchos edificios que sorprenden por los materiales y los procedimientos de su construcción. En la Lima virreinal las primeras obras fueron construcciones macizas de adobe, ladrillo y piedra, cuya fortaleza era más aparente que real ante la sismicidad de la región en que se asentó la ciudad. Los frecuentes temblores obligaban a permanentes reparaciones o reconstrucciones. Ante esta realidad los constructores limeños advirtieron que algunas técnicas utilizadas en las viviendas indígenas resistían muy bien los terremotos. Se trataba de la “quincha” que en quichua quiere decir “cerca o cerramiento de palos y bejucos”.

10

En lo que fue el Virreinato del Perú se han encontrado evidencias de construcciones de bambú de hace más de 10.000 años. Karen Stothert, arqueóloga norteamericana, encontró improntas de bambúes dejados en la arcilla cocida, después de un incendio que calcinó el barro. Por lo tanto, es milenaria la tradición de construir con cañas huecas, paja y barro. Estas técnicas se utilizan hasta hoy en poblaciones costeras de Perú y Ecuador. Se la conoce como la “quincha prehispánica” para distinguirla de la que - inspirada en la misma - evolucionó hacia la hoy llamada “quincha virreinal”.

Esta última mejoró rápidamente las técnicas primitivas posibilitando la construcción no sólo de viviendas sino de edificios más importantes como templos, conventos o grandes mansiones con todas las innovaciones formales que la arquitectura española requería. Los materiales usados en la quincha son la madera y la caña utilizados en la estructura portante y la caña tejida con revoque de barro en los cerramientos. Se utilizan materiales accesorios para las uniones y amarres, como fibras vegetales, alambres, clavos y colas.

A partir de 1.666 se comenzó a usar la quincha en las grandes construcciones. En la Iglesia de Santo Domingo de Lima se empleó por primera vez la bóveda entramada de madera, caña y cal para reemplazar el techo artesanal deteriorado por temblores de la

nave central. Lo mismo ocurrió en la Iglesia de San Francisco. La Iglesia de Los Desamparados fue la primera concebida íntegramente con esta técnica, en 1689.

A partir del terremoto de 1746 - el más destructor de los ocurridos en Lima - se adoptó masivamente la quincha pues, además de satisfacer las necesidades de su resistencia sísmica, resultaba más económica, rápida y versátil para cumplir con los requerimientos simbólicos que en toda edificación monumental se busca.

La gran resistencia sísmica de la quincha se explica físicamente por la vieja fórmula: "fuerza es igual al producto de la masa por la aceleración ($F=M \times A$)". La aceleración es producida por el sismo; luego, a mayor masa, mayor fuerza destructiva del sismo. Por eso se impuso la quincha. La liviandad del entramado de madera y caña, con un delgado revoque de barro o de cal y arena, minimiza la acción sísmica que es muy bien absorbida por esos materiales. Lo contrario ocurre con el tapial² o el adobe³ que tienen mucha masa y poca resistencia.

A principios del siglo XVIII, apareció una norma oficial que obligaba a utilizar la quincha en los muros altos de las casas, previendo incluso serios castigos a los infractores. Es la primera reglamentación para construcciones sismorresistentes de América. Resulta claro que la Arquitectura Sismorresistente nació en Perú en el siglo XVIII. En conclusión, la evolución del empleo de la quincha obedeció a un equilibrio entre diversos factores: el sísmico, el climático, el económico, el representativo y el reglamentario.

11

3.1 EL BAHAREQUE COLOMBIANO

En Colombia, a mediados del siglo XIX, por las crisis que produjeron las guerras de la Independencia, miles de personas emigraron a tierras abandonadas o fiscales en lo que luego sería el departamento de Caldas. Entre otros, fundaron un poblado con el nombre de Manizales, donde construyeron las primeras casas con los materiales y técnicas tradicionales que conocían: tapial y adobe.

Los violentos temblores de 1875 destruyeron casi todas las casas. Esto provocó que algunos comenzaran a usar la Guadua (*Guadua Angustifolia*), bambú de origen local muy abundante en la zona y empleada por los indígenas desde tiempo inmemorial. Al poco tiempo sobrevinieron nuevos terremotos que dejaron en pie solamente las casas construidas con guadua evitando lo más grave: la pérdida de vidas.

Así nació lo que al inicio se llamó "estilo temblorero" y, con el perfeccionamiento de la técnica indígena, la Guadua se convirtió en parte constitutiva de los edificios de los nuevos pueblos. En ellos se integran columnas y envigados de Guadua con marcos de madera y trenzados o tramados, también de caña, constituyendo una canasta

² Pared que se hace con tierra amasada y colocada en un molde de dos tableros paralelos.

³ Ladrillo de barro crudo, mezclado a veces con paja y secado al aire, que se emplea en la construcción de paredes y muros.

estructural que comprende paredes, suelo y techo. Estas estructuras del Viejo Caldas, que denominaron bahareque son respuestas magistrales para resolver el problema que plantea la topografía montañosa agravada por la sismicidad.

Hemos dicho que la seguridad sísmica no es un problema de cálculo sino de diseño. Las experiencias de la Lima Virreinal y las consecuentes normas que se establecieron en el S. XVIII, así como el “estilo temblorero” del Viejo Caldas, son un elocuente testimonio de que las cosas son así.

Como lo expresa Clifford D. Conner en su libro “A People’s History of Science”, publicado en 2005: “La habilidad de Isaac Newton de ver «más lejos» no debería ser atribuida, como él sostenía, a estar sentado «en hombros de gigantes», sino a estar parado en las espaldas de miles de artesanos iletrados”.

Figura 4:



Izquierda: Quincha peruana. Derecha: Construcciones em Colombia.
Fuente: Creada por los autores.

12

3.2 PROTOTIPO VIVIENDA DE BAMBÚ

Se trata de un prototipo diseñado y construido por el Proyecto Bambú de la UNT en su campus universitario. La vivienda podría ser caracterizada como tipo estándar, con una superficie cubierta de 65,50 m². Su distribución en planta, de forma cuadrada, consta de cocina, estar-comedor, baño y dos dormitorios.

Se planteó un sistema estructural independiente del sistema de cerramientos. La vivienda se asienta sobre cimientos de hormigón simple y un zócalo de mampostería armada de ladrillos, para evitar el contacto del bambú con el suelo. El techo a cuatro aguas se construyó mediante una trama estructural de reticulados planos de cordones paralelos de bambú que apoyan sobre columnas de sección compuesta del mismo material.

Los tabiques exteriores e interiores están constituidos por paneles con parantes verticales, diagonales estabilizadoras y elementos horizontales, todos de bambú. Sobre éstos se colocaron, en ambas caras, cañas abiertas y desarrolladas (latas o latillas). Se

terminaron con una capa de cemento sobre metal desplegado y un revoque fino bolseado. Tienen un aislamiento térmico de poliestireno expandido de 5 cm de espesor. El techo está compuesto por un cielorraso de cañizo, aislante térmico y una cubierta de ferrocemento, protegida con una pintura hidrófuga. El resto de la construcción fue realizada con elementos y técnicas habituales en el medio.

Figura 5:



Prototipo Vivienda de Bambú ubicada en predio FAU - UNT.
Fuente: Creada por los autores.

4. HACIENDO EXTENSIÓN UNIVERSITARIA

La difusión de los estudios y modelos del proyecto bambú llevó a que muchas instituciones del medio soliciten asesoramiento o proyectos. El de mayor envergadura fue el caso del Colegio María de la Esperanza de Santa Lucía, en Tucumán.

El pueblo de Santa Lucía, al pie del Aconquija, debe su nombre al ingenio azucarero que le dio origen y que funcionó hasta 1969, cuando dejó de producir por decisiones políticas. Su cierre tuvo un gran impacto socio-económico. Luego, en los años 70 fue centro de la subversión y de la lucha antisubversiva con su secuela de muertes y desapariciones. Ambos hechos generaron desocupación y pobreza. Ante la crisis algunos lugareños apelaron al bambú, abundante en la zona, para construir sus ranchos, cercas y muebles.

Allí llegó, alrededor de 2010, la Obra Popular Educativa Sagrada Familia (OPESaFa) para promover la educación y la inserción social en la zona. La fundación decidió instalarse en el pueblo con un centro educativo y popular. Para fomentar el uso del bambú eligió utilizarlo en sus construcciones y solicitó el apoyo del Proyecto Bambú de la FAU de la UNT. Estaban inspirados en el espíritu del brasileño Paulo Freire (1921-1997), uno de los mayores y más significativos educadores del siglo XX conocido como el “pedagogo de los oprimidos”.

Las ideas de Freire son totalmente compatibles con el espíritu fundacional de la UNT como lo había expresado Juan B. Terán, su fundador, en el libro “La Universidad y la Vida”. Así se construyó el Colegio María de la Esperanza jerarquizando al bambú como un recurso natural renovable, capaz de contribuir al crecimiento y autonomía del lugar. De hecho, como resultado de esta experiencia, la gente del pueblo comenzó a aplicar los tipos estructurales usados en el colegio y a explotar comercialmente los bambusales de la zona.

Figura 6:



Colegio María de la Espezanza. Arriba. Izq.: Construcción Administración. Der.: Vista del patio. Abajo. Izq: Interior de un aula. Derecha: Ermita
Fuente: Creada por los autores.

5. COLOFÓN

Eduardo Sacriste⁴ decía que “nada se puede enseñar, solo se puede ayudar a descubrir lo que se tiene adentro”. Ergo, no se debe obligar a aprender nada; hay que estimular el descubrimiento de los saberes. Relacionar al estudiante universitario con la realidad humana, económica y social del medio que la sustenta es lo más relevante que se puede hacer desde la educación formal. Desde que la creatividad no es patrimonio de los

⁴ (*1905 +1999) Destacado Arquitecto argentino. Uno de los creadores de la llamada “Escuela de Tucumán”, además de Profesor invitado en Londres, MIT, Nueva Orleáns y Calcuta. Realizador de muchas obras privadas y públicas. Fue miembro de número de la Academia Nacional de Bellas Artes de la Argentina

genios sino una forma de vivir la vida, la educación es el espacio creativo por antonomasia.

El uso del bambú en nuestro medio es una realidad en los sectores marginales y de bajos recursos. No obstante, es un material de construcción de probada capacidad, con muchas posibilidades y algunas limitaciones. En un mundo que está agotando los recursos naturales la rápida renovabilidad del bambú lo hacen un material futurizo.

6. REFERENCIAS

CAMPO BAEZA, Alberto. **Pensar con las manos**. Editorial Nobuko. Buenos Aires. Argentina. 2009.

CASTRO, Dicken. **La Guadua**. Talleres Gráficos del Banco de la República. Bogotá, Colombia. 1966.

DUNKELBERG, Klaus. **IL 31, Bambus**. Editorial Karl Krämer Verlag, Stuttgart. Germany. 1996.

GOYTIA, Noemí; MOISSET, Daniel. **Diseñar con la estructura**. Editorial Ingreso. Córdoba. Argentina. 2002.

HIDALGO LOPEZ, Oscar. **Bamboo. The gift of the gods**. Editorial Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Bogotá, Colombia. 2003.

PIAGET, Jean. Development and learning. En: **Piaget rediscovered: A report of the conference on cognitive studies and curriculum development**, p. 7–20. R. E. Ripple & V. N. Rockcastle (Eds.). Cornell University Press. 1964.

RÚGOLO, Zulma. **Bambúes Leñosos, nativos y exóticos, de la Argentina**. Instituto de Botánica Darwinion - IBODA (CONICET_ ANCEFN). Argentina. 2016.

SALEME, Horacio et al. **Tipos Estructurales Apropriados para las Arquitecturas de Bambú**. Ediciones Magna. Tucumán, Argentina. 2008.

SIEGEL, Curt. **Formas estructurales de la arquitectura moderna**. Compañía Editorial Continental. México. 1966

TORROJA, Eduardo. **Razón y ser de los tipos estructurales**. Colegio de Ingenieros de caminos, canales y puertos. Barcelona, España. 2007 (Original publicado en 1957).