

## **Bambúes: alternativas sustentables para la construcción en México**

### **Resumen:**

Es una propuesta de diseño arquitectónico e investigación tecnológica, con aplicación práctica de desarrollo sustentable. Que al mismo tiempo es un proyecto de desarrollo social y productivo para ayudar a poblaciones localizadas en Áreas Naturales Protegidas.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo ampliar, complementar y mejorar la información de los sistemas constructivos con bambú en México, sobre todo en lo relacionado con sistemas estructurales, uniones y paneles modulares, aplicando datos de pruebas físico mecánicas realizadas a especies nativas del país, (cabe mencionar que estas pruebas se realizaron en la Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM) ya que estos datos son relevantes para crear un buen diseño estructural con bambú, que sea aplicable a las condiciones y necesidades del país, especialmente en las regiones en donde se da el material de manera natural.

La aplicación del bambú en México carece de algunos lineamientos y normativas que admitan utilizarlo de manera óptima en la construcción, además de que las especies nativas del país están poco estudiadas, por lo que es necesario realizar pruebas de laboratorio que indiquen las propiedades físicas y mecánicas de estas especies, que permitan tener mayor conocimiento de las mismas, abriendo así la oportunidad de proponer innovaciones tecnológicas que permitan desarrollar sistemas constructivos acordes a las propiedades específicas de las especies nativas de México.

### **Abstract:**

It is a proposal for architectural design and technological research, practical application of sustainable development. At the same time is a project of social and productive development to help populations located in protected areas.

This research project aims to expand, complement and improve the information construction systems with bamboo in Mexico, especially in relation to structural systems, connections and modular panels, using data from physical and mechanical tests on native species in the country, (Note that these tests were performed at the School of Higher Studies Aragón UNAM) since these data are relevant to create a good structural design with bamboo, which is applicable to the conditions and needs of the country, especially in regions where the material naturally occurs.

The application of bamboo in Mexico lacks some guidelines and regulations that support use it optimally in construction, in addition to native species in the country are poorly studied, so it is necessary to perform laboratory tests indicating the physical and mechanical properties of these species that yield greater knowledge of them, opening the opportunity to propose technological innovations to develop consistent construction systems to the specific properties of the native species of Mexico.

**Maestra en Arquitectura, Carmina Flores Carranza**  
**[bambu-estudiosyconstruccionesblogspot.com](http://bambu-estudiosyconstruccionesblogspot.com)**

**[bambu\\_ec@yahoo.com.mx](mailto:bambu_ec@yahoo.com.mx)**

**[carmina\\_fc@yahoo.com.mx](mailto:carmina_fc@yahoo.com.mx)**

**celular 044 55 48 89 75 58**

**fijo lada (01 55) 57 48 00 83**



Este proyecto de investigación se desarrolló específicamente para la comunidad de Sontecomapan, perteneciente al municipio de Catemaco en el estado de Veracruz, elegí esta zona de estudio, porque cuenta con bambúes nativos de las especies *Guadua Aculeata* y *Otaea Acuminata*, y por qué además se encuentra dentro de un área denominada Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, la cual pertenece al Programa de Áreas Protegidas de México, por tal motivo está siendo sujeta a protección, conservación, restauración y desarrollo. Así mismo, es considerada como elemento potencial para nuevos procesos de desarrollo regional, bajo la óptica de la sustentabilidad.

Motivos por los cuales consideré sumamente importante la aplicación del bambú como material de construcción, ya que es biodegradable, sustentable, de rápido crecimiento, liviano, fácil de manejar y abundante en la región, fácil cultivo, alto rendimiento a bajo costo, grandes beneficios medioambientales, el que este proyecto se ubique dentro de una Reserva, no solo implica restricciones constructivas, sino también ambientales, lo cual derivó en buscar alternativas innovadoras para solucionar ambas restricciones, de las cuales se derivaron 3 líneas de investigación.

### 1.- Uso de resina orgánica para uniones y entrenodos

Desde el ámbito de la construcción deriva en una innovación el hacer las uniones y conexiones del bambú rellorando los entrenodos con resina orgánica en lugar de rellorarlos con concreto, ya que la resina orgánica tiene una mejor integración y adhesión al bambú de lo que la tiene el concreto por ser un material no orgánico, y al mismo tiempo se propone dar mayor resistencia al material, ya que al utilizar en los entrenodos un material con mayor integración, permite que los elementos trabajen en conjunto, y de esta manera el culmo de bambú no se colapsa.

La resina orgánica se combina con fibras de bambú deshidratadas, para hacer un material compuesto, con el cual se logre una mayor resistencia en las uniones y conexiones de elementos de bambú.

Esta resina orgánica está compuesta de resina de confieras, cobalto y peróxido, esta resina es de fácil elaboración, el principal motivo para utilizar esta resina se debe a que la vivienda se localiza en una Reserva Natural en donde el uso de materiales es restringido.

### 2.- Pruebas mecánicas de la especie *Guadua Aculeata*, de la región de los Tuxtlas

Este proyecto, se desarrolla analizando las especies nativas de México, con el fin de dar difusión a estas especies, ya que existe poca información al respecto, por lo que es necesario subsanar estas deficiencias. Principalmente debido a que en muchas construcciones como consecuencia de esta desinformación, utilizan bambú de especies introducidas en lugar de utilizar especies nativas.

Es importante mencionar que en la Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM, se elaboraron pruebas mecánicas de la especie *Guadua Aculeata* en especímenes recolectados del sitio de estudio para demostrar la resistencia del material, lo cual también implica otra aportación por parte del proyecto, ya que hasta el momento no se tienen datos de pruebas mecánicas que se hayan realizado a estas especies que se dan específicamente en la región de los Tuxtlas,

Para la elaboración de las pruebas mecánicas se seleccionaron parte de las especies de bambú *Guadua Aculeata* existentes en la zona, analizando su edad para saber si ya es apto para usarse en la construcción, posterior a esto se someterá a un proceso de curado y secado al aire libre, después de lo cual podrá usarse como material para construcción de las estructuras que conforman el Centro de Investigación.

Parte de las normas de estandarización del uso del bambú deben incluir la edad del bambú y con que parte del culmo se está trabajando, ya que esto influye de manera notable en su rendimiento estructural.

Para clasificar los culmos de bambú utilizados en este estudio, se estableció un código de colores en el que se indicaron las propiedades de cada pieza de bambú, ya que esto es determinante para garantizar la calidad del material, así por ejemplo, con color rojo se marcaron las piezas basales de *Guadua Aculeata* de 4 años de edad, lo cual indica que esta pieza es apta para usarse como columnas y vigas, debido a su edad y grosor.

### **3.- Fusión de bambú con materiales reciclados**

involucrar como parte del sistema constructivo del bambú el uso de materiales reciclados, como llantas para conformar la cimentación de las columnas, botellas de plástico rellenas con resina orgánica como elementos PROTECTORES Y PARA SUJETAR las columnas de bambú, latas de aluminio para rellenar muros, y botellas de pet como elementos aislantes de los paneles de bambú. esto se hace con la intención de aprovechar de manera sustentable los recursos existentes en la zona y no generar desperdicios.

Como mencione al principio de este documento, el proyecto se desarrolla en una comunidad ubicada en una Reserva Natural, dicha comunidad se llama Sontecomapan, y la problemática es que la población se incrementa cada vez más, lo cual representa que se tiene que dotar de vivienda, servicios y empleo a la población existente, y a la prevista, alterando lo menos posible el medio ambiente, debido a que la comunidad se encuentra dentro de un Área Natural Protegida (A.N.P.).

Es forzoso dar alternativas de desarrollo y reconversión productiva a esta comunidad, proporcionándoles empleos que además de reducir el impacto nocivo que sus actuales actividades productivas tienen en la naturaleza, les permitan mejorar su estado de vida actual, y les proporcionen viviendas acordes a sus necesidades y medio ambiente.

Por lo que se propone desarrollar estructuras y paneles modulares con bambú que permitan no solo construir, sino también ampliar o remodelar viviendas campesinas, en las cuales se integren sistemas alternativos para tener los servicios básicos, sin que esto afecte de manera negativa el medio ambiente, al mismo tiempo el trabajar el bambú les proporciona empleo, lo cual permite el desarrollo integral y sustentable de una comunidad a partir un material con múltiples usos.

Se plantea utilizar el bambú como material de construcción, por ser natural, biodegradable, sustentable, de rápido crecimiento, liviano, fácil de manejar, y abundante en la región.

Como modelo de aplicación para utilizar el bambú, se propone crear, un Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, en donde se capacite a la comunidad participante acerca de toda la cadena productiva del bambú, desde su siembra, cosecha, secado, y almacenaje hasta su

procesamiento como materia prima, y su aplicación en la construcción, elaboración de muebles y artesanías.

La comunidad participante, podrá colaborar en la construcción de las estructuras de bambú que conforman el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, como parte de su formación y como proceso de aprendizaje y capacitación.

Punto muy importante de este Centro de Investigación, es el desarrollo del Prototipo de una Vivienda Sustentable dentro de sus instalaciones, que sea económica, confortable, adaptable y de fácil construcción, esto con el propósito de demostrar con hechos a la comunidad que se pueden tener casas económicas y de buena calidad con materiales naturales, así mismo se comprueba que al participar en un proceso de autoconstrucción se economizan costos, y se puede aprender un oficio.

Se propone instruir a la comunidad para manejar los bambusales con los que cuenta, en cuanto a cultivo, silvicultura, métodos de secado preservación y almacenamiento, así como en procesos y técnicas constructivas, para que en lugar de destruir los bambusales aprendan a usarlos en su beneficio, y obteniendo remuneraciones económicas, al recibir dinero por la venta de bonos de carbono, al vender las piezas preservadas de bambú, y al utilizar lo aprendido en la capacitación acerca de la construcción con este material para vender sus servicios como constructores de bambú.

#### Áreas que componen el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú

**Ecoárea:** es un lugar en donde se reproduce el bambú de manera controlada, ya que mientras es pequeño es propenso al ataque de hongos e insectos, y sensible a cambios climáticos bruscos, en este espacio el mobiliario es muy sencillo, consta de repisas hechas con bambú sobre las que se colocan charolas de 50 cm. X 50 cm. en estas charolas se siembran pequeñas plantas de bambú, las cuales están en constante observación, para evitar que se dañen por exceso de sol, aire o agua, así como el ataque de hongos e insectos, después de aproximadamente 6 meses cuando la planta es más fuerte se transplanta al bambusal, la función de tener la ecoárea es para remplazar parte de la población de bambú que se pierde por las causas antes mencionadas.

Tiene una superficie de 50 mts.2, su base es un rectángulo de 5 x 10 m., su cubierta está hecha a base de 2 estructuras regladas colocadas una frente a otra, y rodeadas en su totalidad con tela de mosquitero para evitar en lo posible la introducción de insectos, cuenta con una puerta hecha de bambú y tela de mosquitero.

**Área de secado:** aquí es donde se guarda el bambú que ha terminado su proceso de curado, por cuestiones prácticas de manejo del material, las piezas se cortarán a longitudes máximas de 6 mts, se tendrán 5 pilas de secado de bambú con medidas de 6 mts. de largo x 6mts. de ancho x 6 mts. de altura, en cada pila se almacenarán 216 piezas. Las primeras piezas de bambú que forman la pila, se colocan sobre tarimas para favorecer la ventilación por la parte inferior de la pila, y evitar que el material este en contacto directo con el suelo, las piezas de bambú tendrán que moverse de posición como mínimo una vez por semana para asegurarse de que toda la pieza este aireada, antes de integrar las piezas a las pilas de bambú, es necesario perforar sus diafragmas, para disminuir la presión que tienen las paredes del bambú al momento de comenzar a deshidratarse, si este proceso no se lleva a

cabo las piezas que contengan más humedad, no resistirán la presión y comenzarán a rajarse longitudinalmente. Después de un período aproximado de 2 meses de secado, las piezas están listas para almacenarse.

Tiene una superficie de 400 m<sup>2</sup>, con una base rectangular de 10 mts. x 40 mts., su cubierta esta hecha a base de 16 módulos de estructuras regladas, debido a las características del espacio y a las funciones que ahí se realizan, no necesita de muros, tiene una capacidad de secado de 1080 piezas.

**Almacén:** aquí se guardan las piezas que ya pasaron por los procesos de preservación y secado, al igual que en el área de secado las piezas se almacenan en pilas, parte muy importante del proceso de almacenamiento es clasificar las piezas de acuerdo a la especie, edad, diámetro, y parte del bambú a la que pertenecen, para esto se propone establecer un código de colores que permita identificar cada pieza de acuerdo a las características antes mencionadas. Se cuenta con dos almacenes de iguales características, solo que en uno se guarda solo material de Guadua Aculeata, y en el otro se guarda material de Otatea Acuminata.

Cada almacén tiene una superficie de 300 m<sup>2</sup>, con una base de 10mts. x 30 mts. y una cubierta hecha a base de 12 módulos de estructuras regladas acomodadas una frente a otra formando una fila, debido a las características del espacio y a las funciones que ahí se realizan, no necesita de muros, tiene una capacidad de almacenamiento de 864 piezas acomodadas en cinco pilas 91

**Aula taller:** es un espacio que cumple dos funciones al mismo tiempo, ya que es un taller donde se imparte enseñanza y capacitación a la población participante acerca de la cadena productiva del bambú, desde su siembra hasta su uso y aplicación en productos terminados, como muebles, artesanías y construcción; esto con la intención de enseñar a la gente un oficio diferente que les permita tener paulatinamente una reconversión productiva de empleos más acordes al ecosistema en el que habitan; además de aprender un oficio, también se aprende acerca de la importancia de cuidar el medio ambiente, y como se relaciona el uso del bambú con el mismo, cuenta con mobiliario y maquinaria muy sencillos: una sierra circular, un taladro, una cortadora de estrella, sillas apilables y dos mesas rectangulares. Tiene una superficie de 300 m<sup>2</sup> con una base circular de 20 m. de diámetro, y una cubierta formada por 5 módulos de estructuras regladas acomodadas en forma de pentágono, para brindar mayor amplitud e integración de los espacios.

### Sistema constructivo

La propuesta del proyecto es desarrollar estructuras y paneles modulares de bambú, que sean resistentes, económicos, estéticos, de fácil construcción y aplicación, con los cuales se pueda construir una casa, un aula, un taller, o un almacén, demostrando la versatilidad y facilidad de usar este material en la construcción, sobre todo en donde se encuentra de manera natural.

En todas las construcciones se emplearán estructuras y paneles modulares, ya que esto permite flexibilidad y adaptabilidad espacial, ahorro de material, y rapidez en la construcción, los módulos

permiten repetir de forma sistemática los mismos detalles, sea cual sea el espacio y pueden ajustarse para aprovechar al máximo los espacios, y topografía del terreno.

Se decidió utilizar diseños modulares ya que se tienen elementos repetitivos de características similares como forma, tamaño, material y función, son sistemas compuestos por elementos separados que pueden conectarse preservando relaciones proporcionales y dimensionales, permitiendo la posibilidad de reemplazar o agregar cualquier componente sin afectar al resto del sistema.

Los espacios antes mencionados, no necesitan muros ya que requieren de gran ventilación, por lo que se pensó en el diseño de cubiertas a través del método de estructuras regladas, ya que son ligeras, económicas, resistentes, de fácil y rápida construcción y cubren grandes claros.

Para la elaboración de las estructuras regladas, se armaran paneles de 5mts. x 5mts., a excepción de los paneles del Aula, que serán de 7.00 X 7.00 m., todos se elaborarán con Guadua Aculeata de 13 a 18 cm. de diámetro, para el marco se emplearán las partes basales de la Guadua Aculeata, ya que son más gruesas y resistentes que las otras partes, para las piezas que forman el reglado de la estructura se emplearán la partes medias, que son casi tan resistentes como las parte basales, solo que de menor diámetro y por lo tanto menor peso, esto con la finalidad de crear una estructura ligera pero resistente, las piezas que forman el reglado de la superficie se colocan sobre el marco con una separación de 50 cm. al centro de la pieza y se amarra para que no se mueva una vez que todas las piezas que forman el reglado están en su lugar, se van taladrando, y al mismo tiempo se taladra el marco, posteriormente, una vez que se tienen los huecos, se unen las piezas con varillas roscadas y tuercas, los entrenodos en donde se realizan las uniones se rellenan con resina orgánica, para aumentar la resistencia de las piezas, y evitar que se agrieten, con los esfuerzos. Entre las piezas que forman el reglado y para brindar mayor estabilidad a la estructura se colocan paneles construidos con otates los cuales pueden tener de ½" a 1" de diámetro, estos paneles de oate tienen 50 cm. de ancho x 5 m. de largo y se amarran con mecates en la parte inferior de la cubierta, sobre los módulos de estructuras regladas se colocarán hojas de palma amarradas con mecate para cubrir las estructuras. Los puntos de la superficie reglada que llegan al suelo y funcionan como columnas, se sujetarán por medio de varillas enterradas a la cimentación formada con llantas recicladas rellenas de tierra compactada.

**Vivienda de bambú:** La forma de la casa es la consecuencia de una serie de factores socioculturales, ambientales y de diseño arquitectónico, es una propuesta demostrativa que sirve como base para que la gente interesada pueda a futuro construir su casa con este sistema.

Al igual que en la vivienda campesina, en la vivienda propuesta se contará con la participación activa de la población para su construcción, y se utilizaran materiales de la región que son abundantes, de fácil extracción y transporte, refiriéndonos principalmente al bambú, y en segundo término a los materiales reciclables.

El desarrollo de la vivienda prevee la evolución de la familia que la habitará y el uso que se le dará en cada una de las fases de la vida de esta, por eso se propone que la casa se construya con módulos independientes que permitan aumentar los espacios existentes.

***Distribución de espacios:*** La casa está conformada por 6 estructuras redondas, aisladas entre sí pero unidas por medio de vestíbulos y un patio central cubierto para colocar hamacas o sillas; todas cuentan con un muro perimetral que sube 30 cm. para evitar que se meta el agua.

Las tres estructuras que conforman las recamaras, tienen c/u un diámetro de 5 m. y un closet.

La estructura de la cocina y comedor, tiene un diámetro de 7.5 m., cuenta con tarja para lavar platos, estufa solar y estufa ahorradora de leña.

La zona de servicios sanitarios se divide en dos, sanitario seco y sanitario húmedo; se propone el uso de sanitario seco debido a la falta de drenaje en la zona, generar y fomentar el uso de compostas y evitar la producción de aguas negras, el sanitario húmedo consta de una regadera y en la parte exterior un lavadero para lavarse las manos y lavar ropa. Cada estructura del baño tiene un diámetro de 3 m.

***Sistema constructivo:*** Estructuralmente la casa se resuelve por medio de columnas y traveses de bambú Guadua Aculeata, las columnas se harán con las partes basales y las traveses se harán con las partes medias, entre las columnas se colocan y fijan mediante pernos las traveses que forman el techo cónico, el cual termina de estructurarse con piezas de Otatea Acuminata, sobre este armazón de bambú se colocan las hojas de palma que cubren el techo; los muros están conformados con elementos modulares de Otatea Acuminata cubiertos con barro o adobe, utilizando para este fin el sistema de pared de bahareque, la cimentación será con llantas recicladas rellenas de tierra compactada y botellas de plástico para recibir las columnas, ya que el bambú no puede estar en contacto directo con la humedad, el piso será de esterilla sobre tierra apisonada.

***Cimentación:*** La cimentación de las columnas consiste en zapatas aisladas hechas de llantas de automóvil recicladas, cada zapata está conformada por 6 llantas, se excava un zanja del ancho y profundidad de tres llantas, una vez que se tiene la zanja se ponen tiras de llantas para evitar en lo posible filtración de agua, se colocan las llantas completas y se rellenan de tierra, compactando la tierra lo más posible, se coloca una varilla de 3/8 de diámetro doblada por su base para tener mejor estabilidad y se deja que sobresalga de las llantas enterradas aproximadamente 75 cm. para recibir la columna., posteriormente se colocan sobre las llantas enterradas, otras tres llantas en la superficie, siguiendo el mismo procedimiento de rellenas con tierra compacta, durante este proceso se coloca boca abajo y cortada por su base una botella de plástico de 15 cm. de diámetro en la varilla que recibirá la columna de bambú, las llantas que sobresalen son confinadas con tela de gallinero y alambre, posteriormente se cubren con barro o adobe para darles mayor estabilidad; una vez elaborada la zapata, se coloca la columna de bambú insertando su centro en la varilla y acomodándola dentro de la botella de plástico, ya que la columna se ha colocado en su posición se rellenan la botella de plástico y los entrenudos con resina orgánica para dar mayor estabilidad y resistencia a las piezas.

***Pisos:*** serán de paneles de esterilla sobre tierra compactada, la esterilla será de Otatea Acuminata.

***Muros bajos:*** ya que los paneles de bambú no pueden estar en contacto directo con la humedad del suelo, son soportados directamente por las columnas a una altura de 45 cms. sobre el nivel del piso, por lo que es necesario tener muros bajos que cubran estos huecos; la solución para esto, consiste en

hacer muros con latas recicladas de aluminio confinadas con tela de gallinero, sobre la tela de gallinero se aplican la mezcla de adobe y el impermeabilizante.

**Columnas:** se elaborarán con partes basales de Guadua Aculeata, las piezas que conforman las columnas tendrán un diámetro aproximado de 13 cms. y una altura de tres mts. Cada columna de bambú, estará inmersa en una botella de plástico con resina orgánica, se sujetará desde la cimentación por medio de una varilla de 3/8 de diámetro y 60 cms. de longitud aproximadamente, esta varilla atraviesa el centro del bambú, desde su base hasta el segundo entrenodo, los entrenodos se rellenan con resina orgánica para dar mayor resistencia y estabilidad a las uniones.

**Cubierta:** es de forma cónica con una pendiente de 45°, la estructura que forma la cubierta se hará con piezas de la parte media de Guadua Aculeata de 11 a 13 cms. de diámetro aproximadamente, se sujetara a las columnas por medio de pernos y tuercas, los postes inclinados a 45° que forman el cono, se fijan a un poste central, teniendo como tope para evitar deslizamientos una corona superior, debido a su longitud y para evitar que se flexionen los postes inclinados que forman el cono, es necesario conectarlos a vigas horizontales auxiliares colocadas aproximadamente a la mitad de la longitud de los postes inclinados, estas piezas horizontales a su vez se conectan mediante pernos a tornapuntas inclinados a 60 ° que salen de una corona inferior que abraza el poste central, el cual tiene un diámetro aprox. de 15 cms. mide tres mts. de altura, elevado del piso a una altura de 3 mts., los tornapuntas actúan de la misma forma que los soportes radiales de un paraguas evitando que se cierre la estructura y colapse.

Para evitar el empuje lateral del techo sobre las columnas periféricas, se colocan en la parte superior de estas columnas 5 anillos paralelos de tensionamiento formado por cintas elaboradas de bambú, las cuales se amarran de manera continua y periféricamente.

Para la construcción del techo se amarran sobre los postes inclinados cintas de bambú separadas a cada 20 cms., sobre estas cintas se van amarrando las hojas de palma.

**Para construir la casa se consideran 3 tipos de paneles modulares:** panel de ventana de otate con mosquitero panel de puerta de otate con mosquitero, panel de muro de bahareque con mosquitero.

**Panel de ventana de otate de 1/2" con mosquitero:** con piezas de otate de 1" de diámetro se elabora un marco de 2.70 m. de altura X 1.40 m. de base, el cual se atornilla y se une con pernos en las esquinas, en la parte interna del marco se colocan de manera horizontal piezas de otate de 1" de diámetro las cuales se van intercalando, de manera que queda una pieza si y cinco no, estas piezas se amarran al marco con mecates, en las partes superior e inferior del marco se dejan 50 cm. libres sin colocar piezas de otate, se coloca tela de mosquitero sobre toda la superficie exterior del panel, una vez que se tiene elaborado el marco se fija con pernos y tuercas a las columnas, esto se hace para permitir la circulación de aire y al mismo tiempo evitar la introducción de insectos.

**Panel de puerta de otate con mosquitero:** con piezas de otate de 1" de diámetro se elabora un marco de 2.70 m. de altura X 1.40 m. de base, el cual se atornilla y se une con pernos en las esquinas, en la parte interna del marco se colocan de manera horizontal piezas de otate de 1" de diámetro las cuales se van intercalando, de manera que queda una pieza si y cinco no, estas piezas se amarran al marco con mecates, sobre la superficie exterior del panel se colocará un petate tejido con esterillas de otate,



esto se hace para evitar la entrada de lluvia, sol, y polvo al interior de la casa, una vez que se tiene elaborado el marco se fija con pernos y tuercas a las columnas, el panel se usa para la puerta de acceso y para cubrir la parte externa de las ventanas.

**Panel de muro de bahareque con mosquitero:** se eligió el sistema de bahareque ya que tiene un valor cultural e histórico, posee como antecedentes ser de origen prehispánico, ser el prototipo constructivo de vivienda maya, y un ejemplo de la arquitectura vernácula, por lo que se propone preservar este sistema constructivo dado el valor cultural e histórico que representa.

El panel se elabora con piezas de otate de 1" de diámetro, se construye un marco de 2.70 m. de altura X 1.40 m. de base, el cual se atornilla y se une con pernos en las esquinas, sobre este marco y por ambas caras se colocan de manera horizontal cintas de otate las cuales se van intercalando, de manera que queda una pieza si y una no, estas piezas se amarran al marco con mecates, en las partes superior e inferior del marco se dejan 50 cm. libres sin colocar cintas de otate, ya que en estos espacios se pondrá tela de mosquitero, una vez que se tiene elaborado el marco se fija con pernos y tuercas a las columnas y se rellena con mezcla de adobe hecha con tierra del lugar por ambas caras.

**Patio Central (área de hamacas):** este patio tiene una cubierta cuya forma es la abstracción de un árbol, es un espacio destinado a colgar hamacas y poner sillas, haciendo las veces de estancia y vestíbulo de distribución; su sistema de cimentación es el mismo que en la vivienda, consta de 12 columnas inclinadas de Guadua Aculeata con una longitud de 4.30 m. simulando ser ramas, la cubierta está constituida por una superficie reglada de forma rectangular con 9.00 m. de lado, su sistema constructivo consta de un marco construido con 8 piezas medias de Guadua Aculeata de 10 cm. de diámetro aproximado, sobre este marco se va formando un bastidor.

**Andadores:** se cuenta con tres andadores que se conectan al patio central, uno sale del sanitario seco, otro del sanitario húmedo, y el último del Aula Taller, su función es proteger a los usuarios de las inclemencias del tiempo; tienen el mismo sistema de cimentación y columnas que las estructuras de la casa, su cubierta está formada por paneles modulares de 3.00 m. x 3.00 m., cada panel está conformado por un marco construido con piezas medias de Guadua Aculeata de 10 c. de diámetro aproximado, las cuatro piezas que forman el marco así como una pieza intermedia se fijan entre sí con pernos y tuercas, relleno con resina orgánica los entrenodos en donde se forman las uniones, una vez que se arma el marco se amarran con mecate 18 piezas de otate, para conformar el soporte donde se coloca la cubierta de palma, la cual tiene una inclinación de 15° para facilitar el escurrimiento de agua. Ya que se tiene el panel se fija a las columnas con pernos y tuercas, relleno con resina orgánica los entrenodos en donde se forman las uniones. El andador del sanitario seco cuenta con cuatro paneles, mientras que el sanitario húmedo y el aula cuentan con 3 paneles cada uno.

El Prototipo de Vivienda contempla servicios alternativos y ecológicos para sustituir la carencia de servicios básicos de agua potable y drenaje, se estima que con estas medidas se protegerá al medio ambiente, así mismo se podrá superar la pobreza al enseñar a la comunidad (previa capacitación) a construir, ampliar, reparar y remodelar sus viviendas con material económico.

## **CONCLUSIONES**

México es susceptible a desarrollar el uso del bambú con muy buenas perspectivas sobre todo por que se dispone de él de forma natural, debido a la rápida y positiva evolución que el bambú ha tenido en los últimos años en el país, se vislumbra que a corto plazo se generarán los medios y canales que

**impulsarán el conocimiento, la aplicación, industrialización y comercialización del producto, en el país, a largo plazo la expansión y perfeccionamiento de su propagación, cultivo y aprovechamiento, permitirá a los actores de la cadena productiva contar con un recurso forestal perenne de bajos costos y riesgos, que le permitan obtener ingresos que ayudarán al desarrollo sustentable de las regiones que cuentan con este material.**

**Es necesario seguir desarrollando tecnologías constructivas que simplifiquen el uso de este material como elemento de construcción, ya que además de ser natural, renovable, de rápido crecimiento, fácil manejo y sustentable, se presta para múltiples expresiones arquitectónicas.**

**La construcción de vivienda con bambú es una alternativa para el suministro de la misma en el sector campesino en donde se disponga de bambú primeramente, en donde no se cuente con este material pero se tengan características climatológicas similares, se podrían implementar programas de siembra de bambú, ya que de esta manera se comenzaría a disponer dentro de un período de 4 a 5 años de un volumen importante y cada vez más creciente de este precioso material.**

**Para que esto pueda cumplirse es necesario comenzar a crear una cultura del bambú, comenzando con una gran difusión de todas sus bondades, seguido de esto se requiere impulsar plantaciones ya que tienen grandes posibilidades de éxito en amplias regiones del país; la importancia que tiene el impulsar las plantaciones de bambú y realizar su aprovechamiento sustentable estriba por un lado en los beneficios ecológicos y por otro se cuentan los beneficios económicos del aprovechamiento del bambú para su aplicación en diversas funciones, poniendo especial énfasis en la construcción de vivienda rural; cambiando la idea que se tiene de este material, ya que por su aspecto primitivo y el hecho de que siempre ha estado asociado con la pobreza contribuyeron a crear la fobia que hoy existe hacia este material y hacia la vivienda tradicional construida con el mismo; debido a esta circunstancia y a pesar de las muchas cualidades que tiene el bambú como material de construcción- por ejemplo su bajo costo, sus excelentes características físicas y mecánicas, la diversidad de aplicaciones que puede tener en la vivienda-, ninguna entidad se ha atrevido hasta ahora a utilizarlo en planes de vivienda de bajo costo.**

**Con relación al desarrollo económico y social de las regiones tropicales y subtropicales, la incorporación del bambú como un cultivo complementario alternativo, ofrece ventajas muy apreciables, pues con un bajo costo y en breve plazo puede obtenerse perennemente una producción regular de materiales útiles y negociables.**