

BAMBÚ: UNA ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA EN MÉXICO

CARMINA FLORES CARRANZA

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA



México D.F.

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

BAMBÚ: UNA ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA EN MÉXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

MAESTRA EN ARQUITECTURA

P R E S E N T A

CARMINA FLORES CARRANZA

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

México D.F.

2009

DIRECTOR DE TESIS: M. EN ARQ. JAVIER VELASCO SÁNCHEZ

SINODALES : M. EN ARQ. FRANCISCO REYNA GÓMEZ

M. EN DIS. ARQ. JAN VAN ROSMALEN JANSEN

DRA. GABIELLA PICCINELLI BOCCHI

M. EN ARQ. CARMEN ULLOA DEL RÍO

Mi más profundo agradecimiento a mis padres, a mi esposo, a mis hijos.

A mi tutor y sinodales por su interés, ayuda, y el tiempo dedicado en la elaboración de este documento.

A todos mis maestros ya sin sus aportaciones no habría logrado terminar este documento

Agradezco ampliamente a Red Mexicana del Bambú, por haberme proporcionado la importante bibliografía procedente de Colombia y China, que ayudo a documentar gran parte de este documento.



CONTENIDO



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	002
-------------------	-----

CAPÍTULO 1

Contextos

1.1- Contexto Natural (sitio de estudio, antecedentes de la zona, datos climatológicos, flora y fauna).....	014
1.2- Contexto Artificial (contexto social, equipamiento urbano, infraestructura y servicios urbanos, problemática de la región).....	019
1.3- Contexto Histórico (El Bambú en Asia, América Latina, en México, en Veracruz, en la Región de los Tuxtlas).....	024
1.4- Contexto Legal (Área Natural Protegida, Reserva de La Biosfera, Zonificación, Marco legal de ordenamiento ecológico).....	036

CAPÍTULO 2

Bambú

2.1- Generalidades.....	048
2.2- Clasificación.....	048
2.3- Distribución geográfica de las especies de bambú en México.....	049
2.4- Por que las especies Guadua Aculeata y Otatea.....	051
2.5- Partes que componen el bambú.....	053
2.6- Cultivo.....	055
2.7- Silvicultura	057
2.8- Tratamientos de conservación.....	059
2.9- Propiedades físicas y mecánicas.....	062
2.10- El bambú como material de Construcción.....	063
2.11- Sistemas constructivos.....	064
2.12- Propuesta de sistema constructivo del proyecto.....	077
2.13- Beneficios medioambientales.....	077
2.14- Beneficios económicos.....	078
2.15- Red de trabajo.....	078

CAPÍTULO 3

Construcción de Estructuras y Paneles Modulares de Bambú

La Vivienda Sustentable y el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú

3.1-	Arquitectura Natural, Arquitectura Vernácula, y Vivienda Sustentable.....	080
3.2-	Delimitación del área de estudio.....	082
3.3-	Concepto e Imagen Conceptual.....	085
3.4-	Zonificación.....	086
3.5-	Programa de requerimiento de necesidades.....	087
3.6-	Estudio de áreas.....	089
3.7-	Desarrollo de Ecoárea, Área de secado, Almacén, y Aula taller.....	089
3.8-	Desarrollo de Prototipo de Vivienda.....	091
3.9-	La vivienda veracruzana tradicional y el prototipo de vivienda.....	092
3.10-	Propuesta , aportación e innovación del proyecto.....	097
3.11-	Planos generales.....	098
3.12-	Detalles constructivos.....	103
3.13-	Perspectivas.....	111
3.14-	Conceptos generales de utilización de recursos naturales e instalaciones (Ecotécnicas aplicables al proyecto).....	119
3.15-	Estudio de impacto ambiental.....	126

CONCLUSIONES.....	133
--------------------------	------------

ANEXOS

Pruebas de laboratorio para verificar las propiedades físicas y mecánicas de la especie Guadua Aculeata.....	134
--	-----

BIBLIOGRAFÍA.....	142
--------------------------	------------

INTRODUCCIÓN



El proyecto de investigación **Bambú: una alternativa constructiva en México**, es una propuesta de diseño arquitectónico e investigación tecnológica, con aplicación práctica de desarrollo sustentable. Tiene como innovación la elaboración de pruebas físicas y mecánicas de bambú nativo de México, en donde se propone dar mayor resistencia al material al rellenar los entrenodos del bambú con resina orgánica.

Se aplica en la comunidad de Sontecomapan ubicada 17 kilómetros al norte de Catemaco municipio al que pertenece. Esta comunidad se localiza en la llanura costera del sur del Golfo de México en el estado de Veracruz, se encuentra dentro de un área denominada Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, que en el ámbito jurídico se ubica dentro del Programa de Áreas Protegidas de México, enmarcado en el Plan Nacional de Desarrollo 1995-2000.¹

La Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, reviste una gran importancia en cuanto a sus ecosistemas y su biodiversidad, su ambiente original no ha sido esencialmente alterado por el hombre, por tal motivo, en su carácter de Área Natural Protegida, 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.

Actualmente Sontecomapan cuenta con 2, 340 habitantes², número que 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.

Es necesario alterar 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 (agricultura, ganadería y pesca extensiva) tienen en la naturaleza, les permitan mejorar su estado de vida actual, y les proporcionen viviendas acordes a sus necesidades y medio ambiente.

La problemática de la zona prácticamente se divide en cuatro tópicos: falta de vivienda, falta de servicios básicos de agua potable y drenaje, falta de protección al medio ambiente y pobreza extrema.

La propuesta para solucionar esta problemática, consiste en 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 de construcción.

¹ Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Desarrollo Regional (1999), "Estudio para la actualización del Plan de Desarrollo Regional Turístico de la zona de los Tuxtlas, Veracruz.

² INEGI

Como modelo de aplicación 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, 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 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.

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.

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.

Al conjuntar todos estos elementos, se propone un proyecto real de Desarrollo Sustentable.

Al referirse al Marco Filosófico, encontramos al Arq. colombiano Oscar Hidalgo, como uno de los pioneros en investigación acerca del bambú, ya que en Latinoamérica es el precursor en el estudio de las diferentes especies de bambú que crecen en América. Ha escrito numerosos manuales y libros acerca del bambú entre los que destacan “Bambú el regalo de los dioses³” y “Bambú su cultivo y aplicaciones⁴”; en dichos textos habla de la siembra y cultivo del bambú, su durabilidad y preservación, explica

³ Hidalgo O, (2003), “Bambú el regalo de los dioses”, Editor Oscar Hidalgo López, Colombia.

⁴ Hidalgo O, (1994), “Bambú su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía, Estudios Técnicos Colombianos LTDA., Cali, Colombia.

los resultados de pruebas mecánicas realizadas en diferentes especies de bambú, y hace propuestas de sistemas constructivos con bambú, siendo estas de las primeras realizadas para este material en América Latina.

Jorg Stamm, de origen alemán pero radicado en Colombia desde hace 20 años, comenzó a experimentar con el bambú haciendo pequeñas cubiertas, posteriormente construyó casas de interés social, aunque su fama surge a partir de la construcción de un puente construido para la Universidad Tecnológica de Pereira hecho completamente con bambú.

Jules J. A. Janssen, de origen holandés ha profundizado en el estudio de estándares internacionales de calidad, en la elaboración de pruebas mecánicas, uniones, cálculo y modelado de estructuras, todos estos estudios con bases científicas y respaldados por pruebas de laboratorio.

David Sands, de origen estadounidense actualmente trabaja en Hawai construyendo casas de bambú bajo estándares de calidad y proponiendo novedosos sistemas de uniones.

Simón Vélez, de origen colombiano cuya incursión con el bambú sirve de importante referencia para el desarrollo de este documento; son más de veinte años los que Vélez lleva empleando en la construcción bambú de la especie *Guadua Angustifolia*, con el cual ha construido todo tipo de estructuras. El éxito de las construcciones con bambú en Colombia llegó con los edificios diseñados y construidos por Vélez, quien después de inventar la inyección de mortero en los entrenudos del bambú logró conectar con éxito las piezas; esta innovación tecnológica dio la posibilidad de diseñar construcciones más grandes con este material, ahora es fácil hacer uniones con pernos y tornillos, cosa que antes no era posible⁵. Desde su experiencia en la Feria de Hannover, Alemania, con el pabellón que representó a la Fundación Zeri, ha utilizado una técnica constructiva mixta, donde la estructura está sometida a tracción, la interacción balanceada de elementos estructurales, logra que el edificio funcione y tenga estabilidad como unidad, respondiendo satisfactoriamente desde el punto de vista estructural⁶, este sistema constructivo ha sido suficientemente probado a través de cálculos estructurales, pruebas de ingeniería y pruebas de carga de todo tipo. A partir del Pabellón Zeri se rompe el paradigma de que construir con bambú era inseguro, y se le comienza a tomar en cuenta como material apto para la construcción, lo anterior debido a la exigencia de las pruebas físicas y mecánicas a las que fue sometido el Pabellón para demostrar su seguridad, además de su belleza arquitectónica.

En el caso de México, el bambú se ha utilizado en la construcción desde la época prehispánica, pero fue cayendo en desuso debido a las diversas ideologías que llegaron al país a raíz de la Conquista; con el paso del tiempo se ha ido revalorando el bambú y actualmente se pueden encontrar ejemplos interesantes de lo que se realiza con este material, posiblemente lo más representativo,

⁵ Garzón Caicedo, Jenny Vaniria. (1996), "Optimización de estructuras en guadua", Trabajo de grado Universidad Nacional de Bogotá, Colombia.

⁶ Banda, Mabely y Salas, Eduardo (2001), "El sistema constructivo del Pabellón Zeri", Asignatura reflexión, crítica y propuestas sobre las técnicas Constructivas, Universidad Politécnica de Cataluña UPC, Barcelona, España.

es lo que ha logrado desarrollar la cooperativa indígena Tozopan Titataniske, con la construcción de varias estructuras de bambú para un desarrollo eco turístico en Cuetzalan Puebla.

Sin embargo, la aplicación del bambú en México carece de lineamientos y normativas que permitan 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.

El Marco Teórico Referencial esta conformado por el Plan de Desarrollo 2005- 2010 elaborado por el gobierno de Veracruz, y por los lineamientos y conceptos ambientales a considerar en el desarrollo del proyecto, ya que son relevantes puesto que se toman como limitantes y metodología de trabajo.

Los conceptos que a continuación se manejan, son especialmente importantes para comprender cuestiones ambientales y de diseño que se tratan en el contenido del texto.

Ecosistema: es un sistema dinámico relativamente autónomo, formado por una comunidad natural y su ambiente físico, que tiene en cuenta las complejas interacciones entre los organismos que forman la comunidad y los flujos de energía y materiales que la atraviesan; hay que insistir en que la vida humana se desarrolla en estrecha relación con la naturaleza, y que su funcionamiento nos afecta totalmente, por lo que es un error considerar que nuestros avances tecnológicos nos permiten vivir al margen del resto de los *ecosistemas*, de su estructura y de su funcionamiento.

Ecodiseño: es una estrategia que busca una mejora en el perfil ambiental de productos o empresas, se plantea como una herramienta apropiada para lograr la mejora de un perfil ambiental al introducir restricciones y/o mejoras ambientales en todas las fases de producción industrial de productos que no afecten el ambiente. Con esto se logra la utilización eficiente de los recursos naturales, la minimización de impacto ambiental negativo, al igual que una implementación coherente de una política ambiental en la organización, todo esto basado en el análisis del ciclo de vida de los productos⁷.

Ecotécnicas: son sistemas que ayudan al hombre a aliviar algunas de sus necesidades, teniendo en cuenta, primordialmente, el equilibrio ecológico⁸.

Ecodesarrollo: desarrollo sin destrucción, desarrollo totalmente justo, ecológicamente compatible y económicamente viable.⁹

⁷ Alvarado Castellanos Sandra, Alvarado Godoy Diana (2007), Guadua-Lambú Ecoses Editores.

⁸ Vélez González Roberto (1992), La Ecología en el Diseño Arquitectónico, datos prácticos sobre diseño bioclimático y ecotécnicas, Edit. Trillas.

⁹ Piccinelli Bocchi Gabriella, Sunyer Martín Pedro (2007), El Debate sobre el desarrollo sostenible, Matices, Revista de Poagrado FES Aragón.

Sustentable o sostenible: El término se aplica al desarrollo socio-económico y fue formalizado por primera vez en el documento conocido como Informe Brundtland (1987), fruto de los trabajos de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, creada en Asamblea de las Naciones Unidas en 1983. Dicha definición se asumió en el Principio 3.º de la Declaración de Río (1992): *Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades.*²

El desarrollo sostenible puede dividirse conceptualmente en tres partes: ambiental, económica y social. Se considera el aspecto social por la relación entre el bienestar social con el medio ambiente y la bonanza económica. El triple resultado es un conjunto de indicadores de desempeño de una organización en las tres áreas.

Deben satisfacerse las necesidades de la sociedad como alimentación, ropa, vivienda y trabajo, pues si la pobreza es habitual, el mundo estará encaminado a catástrofes de varios tipos, incluidas las ecológicas. Asimismo, el desarrollo y el bienestar social, están limitados por el nivel tecnológico, los recursos del medio ambiente y la capacidad del medio ambiente para absorber los efectos de la actividad humana.

Ante esta situación, se plantea la posibilidad de mejorar la tecnología y la organización social de forma que el medio ambiente pueda recuperarse al mismo ritmo que es afectado por la actividad humana.

Energías no renovables: Son aquellas cuyas reservas son limitadas y se agotan con el uso, las principales son la energía nuclear y los combustibles fósiles, han sido y son las principales fuentes de contaminación ambiental, y su uso excesivo está directamente relacionado con el negativo cambio ambiental y climático que se ha venido observando en los últimos años.

Energías renovables: Las fuentes renovables de energía son aquellas que se regeneran, se basan en los flujos y ciclos naturales del planeta, *son permanentes, de gran* diversidad y abundancia, entre ellas se encuentran la energía solar, eólica, hidráulica, biomasa, y geotérmica; una ventaja de las fuentes de energía renovables es que no producen gases de efecto invernadero ni otras emisiones, contrariamente a lo que ocurre con los combustibles fósiles. Algunas fuentes renovables no emiten dióxido de carbono adicional, salvo los necesarios para su construcción y funcionamiento, y no presentan ningún riesgo suplementario, tales como el riesgo nuclear, usadas con responsabilidad no destruyen el medio ambiente. Aplicadas de manera socialmente responsable, pueden ofrecer oportunidades de empleo en zonas rurales y urbanas y promover el desarrollo de tecnologías locales.

Arquitectura Bioclimática: es la comprensión de los factores climáticos, su incidencia en la envolvente de los edificios, y la relación funcional de estos factores a fin de lograr el máximo confort a los habitantes. Este término implica una metodología de diseño de edificios que permite obtener ambientes interiores confortables para sus ocupantes, gastando un mínimo de energía y mediante la adopción de disposiciones puramente arquitectónicas.

Confort: es el estado sociofisiológico (mental y físico) que expresa satisfacción con el ambiente biotérmico y sensorial que rodea al usuario. El confort humano está en función de múltiples variables, las principales son: el régimen del flujo de aire sobre la

piel, la temperatura radiante media, la temperatura del aire, los niveles de humedad del aire, la cantidad y el tipo de vestimenta y el nivel de actividad del usuario¹⁰.

Vivienda: El ser humano siempre ha tenido la necesidad de refugiarse para mejorar las condiciones adversas de vivir a la intemperie, se puede decir que la primera función de la vivienda es proporcionar un espacio seguro y confortable para resguardarse. El clima condiciona en gran medida tanto la forma de la vivienda como los materiales con que se construye, incluso las funciones que se desarrollan en su interior. El hombre manifiesta en su vivienda la certeza de habitarse a sí mismo y habitar un espacio, a través de lo cual surge la posibilidad de recogimiento y del bien de una base donde proyectarse; con ello, el hombre marca dos espacios esenciales: el interior el exterior.¹¹

Calidad de vida: Es el bienestar, felicidad y satisfacción de la persona, haciendo que su existencia posea todos aquellos elementos que den lugar a la tranquilidad y dicha humana, mismos que le permitan actuar y funcionar correctamente en un momento dado de la vida.

Áreas Naturales Protegidas: Son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados. Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), su reglamento, el programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico. Están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley.

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas administra actualmente 150 áreas naturales de carácter federal que representan más de 17.8 millones de hectáreas. Entre ellas se encuentran las Reservas de la Biosfera.

Reserva de la Biosfera: En 1970 la UNESCO inició el proyecto "*el hombre y la biosfera*", que tenía como objetivo conciliar la mentalidad y el uso de los recursos naturales, esbozando el concepto actual de desarrollo sostenible. Como parte de ese proyecto se seleccionaron áreas geográficas representativas de los diferentes hábitats del planeta, conocidas como *Reservas de la Biosfera*, cuya función principal es la conservación y protección de la biodiversidad. Sin embargo, también se persigue el desarrollo económico y humano de estas zonas, así como la investigación; son zonas de especial valor ecológico, en las que se pretende ensayar la compatibilización de las actividades humanas con el equilibrio del medio natural¹².

¹⁰ Vélez González Roberto (1992), *La Ecología en el Diseño Arquitectónico*, datos prácticos sobre diseño bioclimático y ecotécnicas, Edit. Trillas.

¹¹ Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, México 1978, Arq. Pedro Ramírez Vázquez.

¹² Programa de Conservación y Manejo, Borrador, Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas (2006)

Son áreas representativas de uno o más ecosistemas no alterados por la acción del ser humano o que requieran ser preservados y restaurados, en las cuales habitan especies representativas de la biodiversidad nacional, incluyendo a las consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción¹³.

Impacto ambiental: es cualquier cambio en el medio ambiente (positivo o negativo), resultante de todas o parte de las actividades productos y servicios de una organización.

Ciclo de vida. Son todas las etapas por las cuales pasa un producto, desde la producción de los componentes y materias primas necesarias para su obtención, hasta la eliminación del producto una vez que se desecha.

Mercados verdes: son mercados donde se intercambian productos y servicios “ambientalmente amigables” (productos con sello verde), es decir, aquellos derivados del aprovechamiento sostenible del medio ambiente en los que sus procesos de producción, distribución y comercialización no se llevan a cabo en detrimento de los recursos naturales o del patrimonio natural de la humanidad; consta de mecanismos que identifican el origen y manejo de un producto durante el proceso productivo garantizando calidad y sostenibilidad de los recursos.

Producción más limpia: es una estrategia de gestión preventiva aplicada a productos procesos y organización del trabajo, cuyo objetivo es minimizar emisiones y/o descargas en la fuente reduciendo riesgos para la salud humana y ambiental, y elevando simultáneamente la competitividad. Ello resulta de 5 acciones: la minimización y el consumo eficiente de insumos, agua, y energía; la minimización del volumen y toxicidad de todas las emisiones que genere el proceso productivo; el reciclaje de la máxima proporción de residuos y si no fuera de ella, la reducción del impacto ambiental de los productos en su ciclo de vida.

Como se observa en el Marco Filosófico, se ha escrito del bambú acerca de sus antecedentes históricos, de su clasificación y características botánicas, silvicultura, propiedades físicas y mecánicas, métodos de inmunización y curado, y algunos sistemas constructivos; pero no se ha investigado acerca de construir viviendas con estructuras y paneles modulares de bambú integrando como parte de su sistema estructural materiales reciclados, formando así un sistema constructivo híbrido cien por ciento sustentable, el cual en lugar de generar desperdicios los absorbe como parte de su estructura, aplicando además principios de arquitectura bioclimática, e integrando en su infraestructura el uso de sanitarios secos, energía solar, reciclado y tratamiento de aguas; integrando mediante la construcción de un prototipo de vivienda autosustentable, la conservación del medio ambiente, el desarrollo social y la aplicación de sistemas alternativos que replacen la carencia de servicios básicos tales como agua potable y drenaje, propiciando de esta manera la aplicación práctica del Desarrollo Sustentable de una comunidad.

Así mismo este proyecto aporta como innovación el hacer las uniones y conexiones del bambú rellenando los entrenodos con resina orgánica en lugar de rellenarlos 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, es importante mencionar que se elaboraron pruebas mecánicas de la especie

¹³ Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas

Guadua Aculeata en especímenes recolectados del sitio de estudio para demostrar la resistencia del material con el que se piensa trabajar, 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 consultar pruebas de laboratorio, ver anexos); finalmente se destaca la propuesta de 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 como elementos aislantes para las columnas de bambú, y latas de aluminio para rellenar muros.

Es por eso que este proyecto busca desarrollar e innovar en la tecnología y el uso del bambú complementándolo con estos enfoques, para apoyar a la población campesina de Sontecomapan en la autoconstrucción de viviendas económicas, resistentes y confortables, construidas completamente con bambúes nativos de México y que se encuentran en el sitio de estudio. Por lo que estas viviendas representan un importante apoyo a la comunidad ya que la mayoría de los pobladores actualmente habitan en casas de lámina y cartón, las cuales no cuentan con los servicios básicos de luz, agua potable y drenaje.

Se propone el uso del bambú como material de construcción, primeramente por que se da de manera abundante en la zona, es un recurso renovable, biodegradable, de rápido crecimiento, fácil cultivo, no contamina y manejándolo adecuadamente es completamente sustentable.

Tiene muchas aplicaciones, tanto en la elaboración de objetos, como en la construcción, ya que sus propiedades físico mecánicas le confieren gran resistencia y capacidad de carga, también representa grandes beneficios medioambientales, pues su sistema de raíces ayuda a retener los suelos evitando deslaves, sus grandes hojas caulinares al desprenderse proporcionan cobertura natural al suelo evitando que se erosione, es un importante fijador de dióxido de carbono (CO₂), debido a su enorme cantidad de biomasa es una gran fuente productora de oxígeno, además de que si se sustituye el uso de productos maderables por el uso del bambú disminuirá la deforestación.

Estas características, lo presentan como el material de construcción idóneo para esta zona, ya que la tesis parte de la idea de realizar una investigación que fundamente y sustente la posibilidad de construir vivienda de bajo costo con materiales naturales, renovables, biodegradables, y sustentables que a su vez generen beneficios económicos a sus pobladores.

Con estas estrategias se pretende ayudar a la solución de dos fuertes problemas que aquejan al estado de Veracruz, especialmente en la región de los Tuxtlas, planteados por el Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010, como son, disminuir el déficit de vivienda en comunidades marginadas y proteger los ecosistemas y el medio ambiente que conforman La Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas.

Del presente trabajo se desprenden las siguientes líneas de investigación:

- **Sistemas Constructivos Sustentables**
- **Sistemas Alternativos de Servicios Básicos para la Vivienda**
- **Medio Ambiente**

Sistemas Constructivos Sustentables: desarrollar estructuras y paneles modulares, económicos, estéticos y de fácil construcción, con sistemas que cumplan con los principios del ecodesarrollo, este es el caso del bambú. ya que es regenerable, biodegradable y no genera desperdicios, en cuanto a los procesos de manufactura que requiere para usarse en la construcción, no precisa de maquinaria ni equipo especializado por lo que no es necesario el uso de grandes cantidades de energía, no precisa de mano de obra especializada por lo que es sencillo de usar, se realiza la innovación tecnológica de inyectar los nodos estructurales del bambú con resina orgánica la cual esta compuesta de resina de confieras, cobalto y peroxido, 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.

Sistemas Alternativos de Servicios Básicos para la Vivienda: entendiendo por estos el uso de recolección de agua pluvial y sanitarios secos, para satisfacer la demanda de agua entubada y drenaje que existe en la zona, realizando los cálculos necesarios para su buen funcionamiento.

Aplicación práctica de Desarrollo Sustentable: profundizar en el impacto ambiental que representa construir con bambú en el contexto inmediato de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, analizando las especies que se van a usar para la construcción, observando si las condiciones ecológicas son propicias para el desarrollo sostenible de este proyecto, estudiando los insumos que se utilizan, los elementos físicos que lo conforman (los cuales ocupan y transforman un espacio), los efluentes que emite, y los recursos naturales y materias primas que se utilizarán; ya que los resultados que arroje este estudio serán el indicador para saber hasta que punto se puede aplicar de manera práctica el Desarrollo Sustentable en la comunidad de Sontecomapan.

Lo anterior se enmarca en un mundo globalizado que conlleva a los países en vías de desarrollo (como México) a buscar alternativas tecnológicas que se adecuen a las condiciones socio-políticas en que viven, ya que gran parte de las revoluciones tecnológicas no están disponibles para las mayorías que ahí habitan y que se encuentran en pobreza extrema. Por lo que dichos países habrán de basarse en las tradiciones, tecnologías y materiales que les permitan tener un sincretismo, en este caso arquitectónico y constructivo al unir tradición y vanguardia para lograr la modernidad, es decir buscar aplicar en la tradición los conocimientos científicos actuales que den viabilidad a proyectos de construcción económicos y de bajo impacto ambiental, buscando sobre todo la sustentabilidad de los mismos.

Los objetivos de esta propuesta de investigación son los siguientes:

generales:

Generar un sistema constructivo a base de estructuras y paneles modulares económico y funcional, con bambú de las especies *Guadua Aculeata* y *Otatea Acuminata* que se dan específicamente en la zona de los Tuxtlas, Veracruz.

Contribuir al mejoramiento de la vivienda y calidad de vida del campesino de Sontecomapan, proponiendo una alternativa de vivienda sostenible cuyo diseño este basado en las características de su vivienda típica, utilizando para este fin materiales orgánicos y de la región.

particulares:

Conocer la problemática de la vivienda campesina en Sontecomapan, como comunidad beneficiaría del prototipo de vivienda construida con bambú.

Propiciar que la comunidad se involucre con el cuidado del ecosistema en el que habita (Reserva de la Biosfera), al enseñarles a utilizar el bambú como un recurso que además de proteger el medio ambiente les genere recursos económicos.

Generar un proyecto concreto de sistemas constructivos sustentables acordes con el medio ambiente de la comunidad de Sontecomapan, en este caso utilizando el bambú como material de construcción.

Generar una propuesta arquitectónica de vivienda sostenible construida con elementos y paneles estructurales de bambú, aplicada a una pequeña comunidad campesina.

Proponer el uso de servicios alternativos (recolección de agua pluvial y sanitarios secos) como parte integral del prototipo de vivienda, para llenar el vacío de servicios básicos de drenaje y agua potable que existen en la zona.

Institucionales:

Siendo consecuente con las políticas de la UNAM en sus objetivos fundamentales que se refieren a desarrollar investigación, generación de conocimientos y vincularlos hacia el exterior; se establece comunicación con la Estación Biológica de los Tuxtlas de la UNAM ubicada en Catemaco Veracruz, misma que proporcione un informe de la importancia y relevancia de una zona que requiere ser protegida, conocida como Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, ubicada en Veracruz, en donde se encuentran comunidades que requieren apoyo económico, social, cultural, pero más que esto necesitan viviendas económicas que cumplan con las características que demandan las Áreas Naturales Protegidas (construcciones con materiales renovables, biodegradables y regionales que se integren al lugar)¹⁴; una vez establecido el contacto se comenzó con la investigación acerca de la comunidad de Sontecomapan, ya que dadas sus características es un ejido que esta inmerso en la problemática de la zona, y es apremiante dar solución a sus necesidades, con la finalidad de mejorar la calidad de vida de la población, así como el ecosistema en el que habitan.

personales:

Obtener el Título de Maestra en Arquitectura, dentro del Campo de Conocimiento Tecnología, trabajando para este fin en el desarrollo de un proyecto original llamado “Bambú una alternativa constructiva en México”, en donde se desarrollen estructuras y paneles modulares de bambú, generando como producto final un prototipo de vivienda sostenible construida con especies de bambúes nativos de México, con la aportación de usar resinas orgánicas para hacer las interconexiones de las piezas de bambú que conforman la estructura de la casa, así como de realizar pruebas mecánicas de las especie nativa Guadua Aculeata.

La estructura del trabajo se fundamenta de la siguiente manera: La Introducción del proyecto, donde se explican las necesidades y problemáticas de la comunidad y las soluciones a estas, **Capítulo 1**, Conocimiento del medio, **Capítulo 2**, Conocimiento general del bambú y su aplicación en la construcción, **Capítulo 3**, aplicación práctica de los datos analizados en los dos capítulos anteriores, para desarrollar sistemas constructivos con estructuras y paneles modulares de bambú, aplicables a la población y ecosistema de la comunidad de Sontecomapan, integrando principios de arquitectura bioclimática, y ecotécnicas que ayuden a satisfacer la demanda de servicios básicos como agua potable y drenaje, **Conclusiones**, **Anexos** y **Bibliografía**.

Capítulo 1: Contextos, se analiza la zona de estudio, a través de su contexto natural, artificial, histórico y legal; para determinar las condicionantes de la zona y limitantes del proyecto.

Capítulo 2: Bambú, se explica conceptualmente el estudio del bambú mediante un breve trabajo historiográfico, en donde se explican sus generalidades, clasificación, partes que lo componen, silvicultura, propiedades térmicas, acústicas, físicas y mecánicas; se hace un estudio de los sistemas constructivos con bambú, así como de los beneficios económicos y ambientales que pueden obtenerse al utilizar bambú como material de construcción, estos datos permiten analizar como a través del uso del bambú como material de construcción, puede llegar a consolidarse un proyecto práctico de desarrollo sustentable en una comunidad rural.

Capítulo 3: Construcción de Estructuras y Paneles Modulares de Bambú: La vivienda sustentable y el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, aquí se establecen los conceptos acerca de la vivienda, arquitectura bioclimática, arquitectura vernácula, arquitectura natural, ecodesarrollo, y desarrollo sustentable, para establecer las bases de lo que se pretende dar a conocer como vivienda sustentable, se desarrollan estructuras y paneles modulares de bambú, los cuales presentan la aportación tecnológica de que los entrenodos que se conectan entre si, se rellenan con resina orgánica, para permitir la unión más homogénea y resistente de las piezas. Estas estructuras y paneles modulares sirven para conformar las estructuras del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, se realizan detalles constructivos y planos necesarios para la realización del proyecto, incluye modelos tridimensionales que permiten mayor comprensión del diseño de dichas estructuras, se establece la delimitación del área de estudio y se elabora un estudio de impacto ambiental.

Conclusiones: se dan de manera general acerca de las perspectivas del uso del bambú en México, y de manera particular acerca del uso del bambú en Sontecomapan y en la Reserva, en los aspectos socioeconómico y ambiental, así como del uso de estructuras y paneles modulares en construcciones de bambú.

Anexos: aquí se pueden observar el proceso y los resultados de las pruebas físicas y mecánicas a las que fue sometido el bambú, en los laboratorios.

Fuentes Consultadas: la investigación se basó en trabajo de campo, en donde se realizó el reporte fotográfico, se entrevistó a personas de la comunidad acerca de las condiciones de vida, sociales, económicas, de servicios y de vivienda; también se entrevistó al Comisariado para saber los recursos y necesidades que se tienen en la comunidad. Se consultaron fuentes bibliográficas de libros especializados en bambú, medio ambiente y estudios de impacto ambiental, vivienda campesina, arquitectura vernácula, arquitectura bioclimática, Planes de desarrollo del estado de Veracruz, y de La Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas; sitios en Internet como complemento de las fuentes bibliográficas, y el uso de materiales reciclados en la construcción.

Al ubicarse la zona de estudio dentro de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas la cual pertenece a las (ANP) Áreas Naturales Protegidas y a su vez al (SINAP) Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas, el Marco Teórico Referencial del proyecto está conformado por, los lineamientos que marca la Ley General del Equilibrio Ecológico y su reglamento en materia de las ANP, los Programas de Manejo que determinan las estrategias de conservación y uso de las Áreas Naturales de la (CONANP) Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, los Programas de Manejo de la Reserva de la Biosfera, El Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas. Así mismo, está conformado por lo que marca el Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010, el cual permite conocer las propuestas de desarrollo que el Gobierno del Estado piensa aplicar en la zona, de manera que el Marco Teórico Referencial marca los límites y normativas para el desarrollo del proyecto de investigación.

La Justificación para el desarrollo del proyecto de investigación “BAMBÚ: UNA ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA EN MÉXICO”, es ampliar, complementar y mejorar la información de los sistemas constructivos con bambú en México, sobre todo en lo relacionado con sistemas estructurales y paneles modulares, aplicando datos de pruebas físico mecánicas realizadas a especies nativas del país, 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.

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.

Así mismo es necesario destacar la importancia del bambú como materia prima sustentable, propiciando su utilización en la construcción, de manera que construir con bambú se convierta en una alternativa tecnológica válida de acuerdo a los usos y aplicaciones requeridos para resolver el diseño de elementos arquitectónicos y estructurales. Comprendiendo para este fin los eslabones de la cadena productiva sustentable del bambú, en sus etapas de propagación, desarrollo, siembra, cosecha, transformación y utilización como un material de construcción cultivable que permita ampliar el concepto de lo sostenible más allá de lo ambiental, en los temas de lo social, lo económico y lo arquitectónico; reconociendo en el bambú su gran potencial como material de construcción.

El Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú se podrá construir en un terreno donado por el municipio, con la finalidad de dar servicio a la comunidad de Sontecomapan y a las comunidades aledañas interesadas en el uso y manejo del bambú y sus derivados como un recurso sostenible que genere beneficios económicos, queriéndose lograr con esto la difusión de las ventajas de construir con bambú y la concientización de la población, hacia la conservación del medio ambiente.

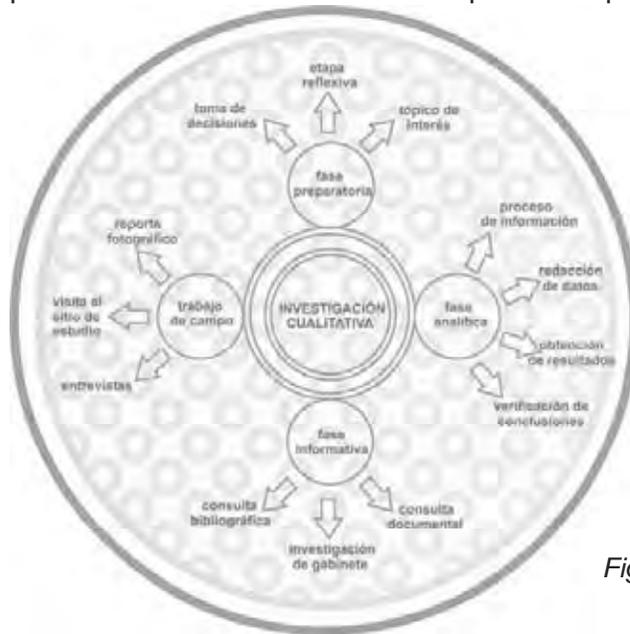
Las principales hipótesis del proyecto son:

Si se implementa un sistema auto-constructivo con bambú que sea sustentable

Se obtendrán viviendas confortables, se generarán beneficios económicos, se sufrirá mínimo impacto ambiental y se mejorará la calidad de vida en la población.

Si se incorporan al prototipo de vivienda servicios básicos alternativos.

Se podrá satisfacer la demanda de la población para contar con agua potable, y un método eficaz que reemplace la falta de drenaje.



La investigación cualitativa que sustenta este proyecto se conforma a través de cuatro fases fundamentales, trabajo de campo, fase informativa, fase analítica, y fase preparatoria. (Ver Figura.1)

Figura 1 , Fases de investigación Cualitativa.

La culminación de este trabajo es desarrollar las tecnologías constructivas del bambú, para emplearlas en el diseño de estructuras y paneles modulares aplicables a la solución arquitectónica, de los espacios que conforman el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, utilizando materiales reciclados como parte del sistema constructivo, y ecotécnicas que permitan tener acceso a servicios básicos como agua y drenaje, todo esto integrado de manera efectiva con el medio ambiente generándose así un impacto ambiental positivo en Sontecomapan.

CAPÍTULO 1

CONTEXTOS



- 1.1- Contexto Natural
- 1.2- Contexto Artificial
- 1.3- Contexto Histórico
- 1.4- Contexto Legal

1.1 Contexto Natural (sitio de estudio, antecedentes de la zona, datos climatológicos, flora y fauna)

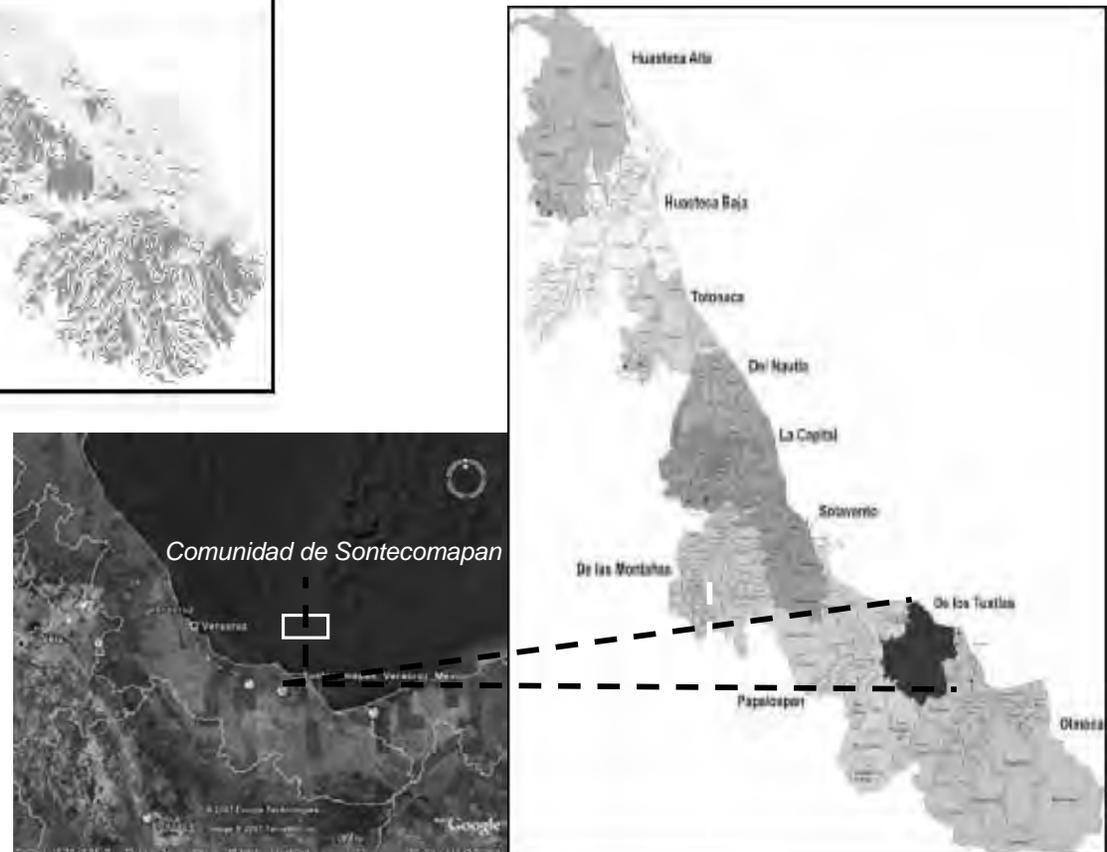
1.1.1 sitio de estudio

El proyecto tiene lugar en la región denominada Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, ubicada en la llanura costera del sur del Golfo de México en el estado de Veracruz, se localiza aproximadamente entre los 18°10' y 18°45' latitud norte y 92°27' de longitud oeste, abarcando una superficie de 155.122 hectáreas. (Ver Figuras 2 y 3)

Figura 2, Región de Los Tuxtlas en Veracruz, México



Figura 3, Regiones que conforman el estado de Veracruz



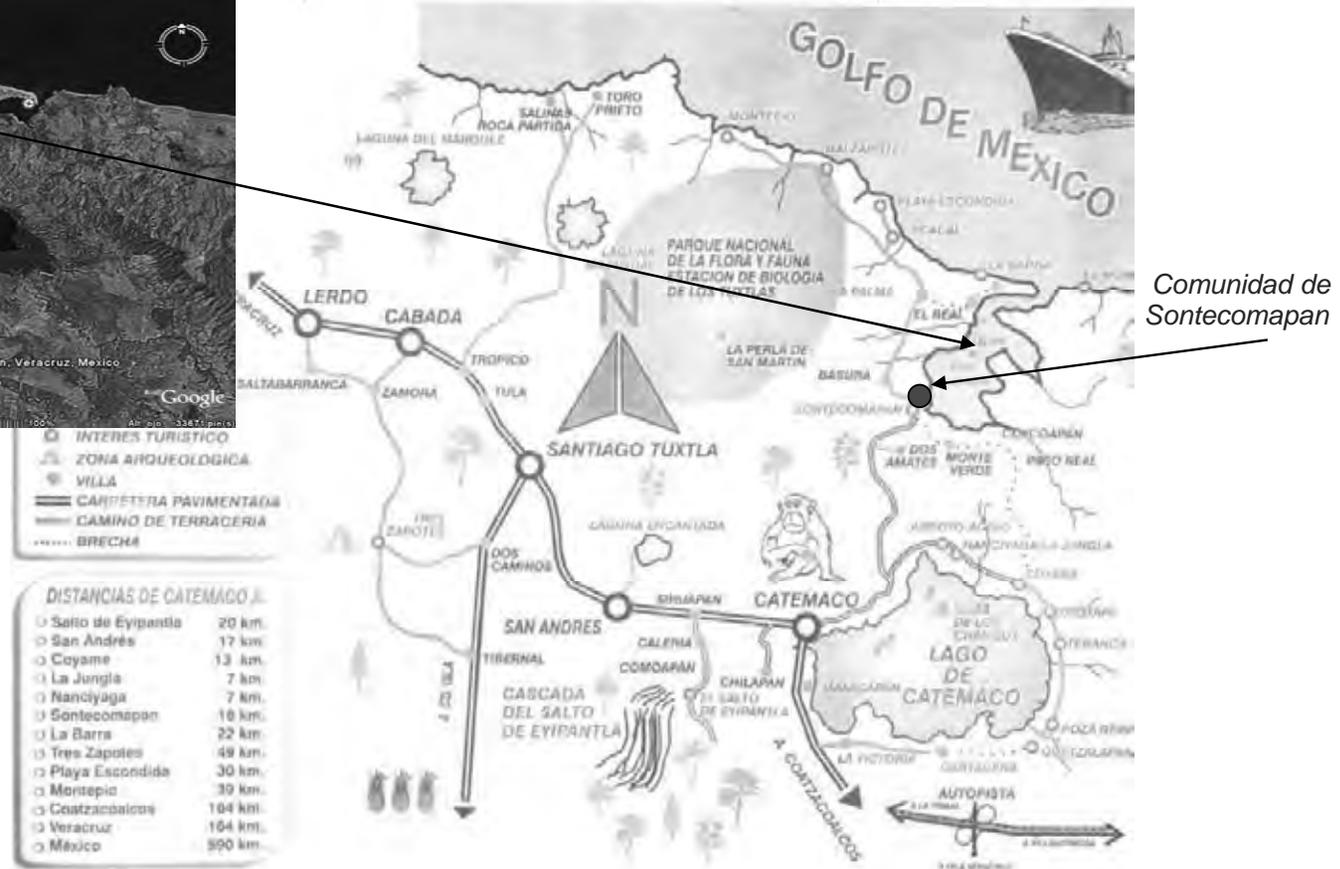
La localidad de Sontecomapan se ubica en la parte sur del Estado de Veracruz, 17 kilómetros al norte de Catemaco, municipio al que pertenece. Esta comunidad se localiza en la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas que en el ámbito jurídico se ubica dentro del Programa de Áreas Protegidas de México, enmarcado en el Plan Nacional de Desarrollo 1995-200.¹⁴ (Ver Figura 4)

El espacio físico que ocupa esta comunidad es de 270 hectáreas, que equivale a 2,700,000 m²; cuenta con una población de 2 300 habitantes¹⁵.

Figura 4 Ubicación de Sontecomapan



Laguna de Sontecomapan tomada de Google earth

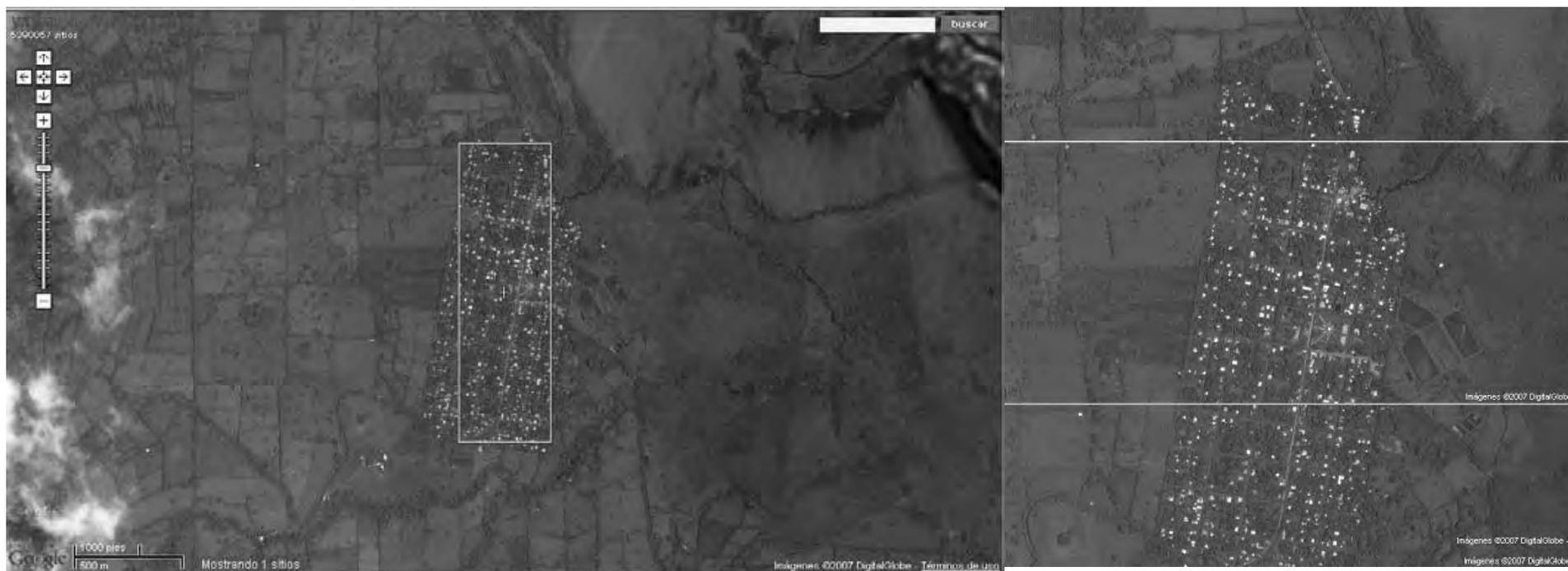


¹⁴ Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, (2006), SEMARNAT, MÉXICO.

¹⁵ INEGI 2006

La pequeña comunidad de Sontecomapan con su escasa población, se encuentra enclavada en la selva y esta rodeada por grandes extensiones de áreas verdes, en las vistas aéreas se puede apreciar la desembocadura que comunica a la comunidad con la Laguna de Sontecomapan y sus abundantes manglares y humedales, dicha Laguna desemboca a su vez en el Golfo de México. (Ver Figura 5 y 6)

Figuras 5 y 6 acercamientos a la comunidad de Sontecomapan, tomados de Google earth.



Antecedentes de la zona: Hacia el año 30 a.c. los pobladores de la cultura de los Tres Zapotes, en la hoy región de Los Tuxtlas, habitaban una zona selvática tropical plétórica de recursos naturales y belleza, los grandes asentamientos humanos de hace 500 a 1500 años que se registran en la región corresponden a la cultura Olmeca.

Los actuales asentamientos humanos constituyen una mezcla de pobladores urbanos y rurales, los primeros, en ciudades como San Andrés Tuxtla, Santiago Tuxtla y Catemaco, la población urbana se dedica en gran medida al comercio agrícola y ganadero (en la actualidad, en mucha menor escala al comercio forestal), las actividades turísticas son también de cierta prevalencia, sobre todo en Catemaco. Por su parte, la población rural se dedica en los potreros a la producción de carne y leche en la modalidad de ganadería extensiva, o a la agricultura, la pesca o la extracción de madera, lo anterior refleja el intenso uso de la tierra y la dramática alteración de los ecosistemas naturales.

I.1.2 Datos Climatológicos

La siguiente información se basa en los datos recopilados de cinco años (1997-2001), en la Estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas:

Clima: La emergencia montañosa de esta sierra incrustada en una planicie costera en contacto directo con la costa y su posición latitudinal, ocasiona grandes precipitaciones, siendo ésta una de las regiones más lluviosas del país, este tipo de clima presenta dos variables en cuanto a precipitación, se presenta lluvia abundante en verano variando de 2 000 mm. a poco más de 3 500 mm. , en la zona se presenta una precipitación total anual de entre 1 700 mm y 4 700 mm. En esta región la temperatura del mes más frío se encuentra arriba de los 18°C, la más alta es de 26° C. , y la media anual es de 22°C.

Vientos dominantes: Predominan los vientos del norte, debido probablemente a la posición de la Sierra respecto a los vientos del Golfo de México. La zona se encuentra influenciada por tres principales trayectorias de vientos: los provenientes del norte, del este, y del sur (González,1991;SEMARNAP *et. al.*, 1997b;SEDUVER,1993). Los vientos de dirección norte son más frecuentes de octubre a febrero, conocidos como nortes; estos vientos cercanos a 80 km/h tienen la característica de ser húmedos, ya que en su ruta pasan por el Golfo de México y proporcionan cerca del 15 %de la media anual de lluvias. Los vientos de dirección este vienen como consecuencia de la acción de los vientos alisios, presentes en los meses de junio, julio y agosto, por el recorrido que realizan son también vientos húmedos. En cuanto a los vientos de dirección sur, se manifiestan en los meses de marzo a junio, denominados localmente como “suradas”, son vientos secos y calientes que disminuyen la humedad atmosférica y son causantes de graves trastornos en la vegetación y en los cultivos, ya que se manifiestan en los meses en que la región recibe poca precipitación, antes de la época de lluvias (SEDUVER,1993;SEMARNAP *et l.* ,1997b).

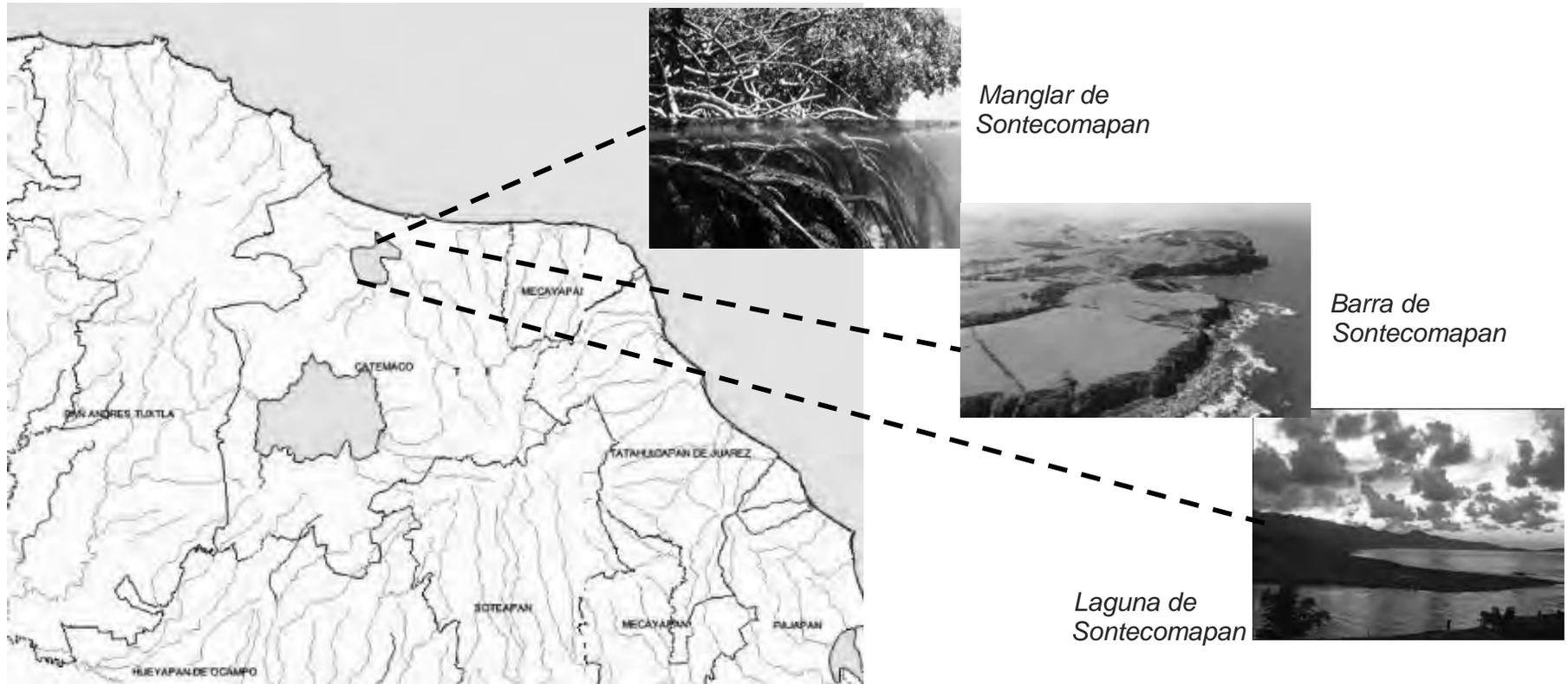
Hidrología: La zona se caracteriza por su abundancia en recursos hídricos, la topografía de la región origina que los ríos que de la Reserva descienden aporten sus aguas a diferentes cuencas, así por el lado noreste y noroeste alimentan a la Laguna de Sontecomapan, por el norte, noreste y este existen varias pequeñas cuencas que desaguan directamente al Golfo de México, algunos ríos permanentes importantes son el Coxcuapan y, dentro de los cuerpos de agua sobresale la Laguna de Sontecomapan, por su importancia económica debido a su producción pesquera y por su importancia ecológica ya que alimenta algunas cuencas y microcuencas hidrológicas de la Reserva. (Ver Figura 7)

El Manglar de Sontecomapan se encuentra en la localidad del mismo nombre, su superficie actual es de aproximadamente 700 hectáreas, localizándose la mayor cobertura en el extremo noreste de la laguna; forma parte del patrimonio natural de México y del mundo, considerado como uno de los mejor conservados y menos contaminados del país. Su importancia se reconoce en términos biológicos, culturales y económicos. Sin embargo, presenta algunos problemas que pueden poner en riesgo su conservación, como son la tala inmoderada, el azolve, la caza furtiva y el saqueo de especies, entre otros¹⁶. Los bosques de mangle protegen de los fuertes vientos (Nortes y algunas Suradas) a las comunidades cercanas, como Sontecomapan y El Real, evitan la alteración de la línea de costa y de las orillas del cuerpo de la laguna, proporcionan una protección natural contra catástrofes naturales, las raíces del mangle estabilizan la arena y el lodo. En áreas donde los manglares han sido eliminados por motivos de desarrollo, la costa ha sufrido una rápida erosión¹⁷.

¹⁶ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar

¹⁷

Figura 7 Ubicación de los principales cuerpos de agua de Sontecomapan



Los humedales y manglares de la Laguna de Sontecomapan, representan una de las últimas extensiones importantes de manglar en la costa occidental del Golfo, forman parte del patrimonio natural de México y del mundo. Actualmente están inscritos en la Lista Ramsar con el número 1342.

La Laguna de Sontecomapan, tiene importancia internacional por que cuenta con uno de los manglares mejor conservados de la costa del Golfo de México, se localiza a 18 km de Catemaco y se puede llegar a ella por carretera. Se pueden realizar paseos en lancha por el interior de la laguna, por esteros y por los ríos que la nutren, o incluso llegar hasta la barra que separa el agua dulce del agua marina. En el viaje a la barra y los manglares se pueden visitar los ríos Chunapan, Coxcuapan, Sábalo, La Palma, Yohualtajapan y Los Cangrejos.

Orografía: La Sierra de Los Tuxtlas, en Veracruz es una sucesión de montañas de origen volcánico que alcanzan un poco más de 1 600 m.s.n.m. Esta formada por cerca de 300 conos de composición basáltica, entre los que destacan el Volcán de San Martín y El Volcán de Santa Martha.

Edafología: los suelos van desde aquellos considerados como jóvenes o de reciente formación, constituidos por una capa delgada, hasta aquellos muy profundos, fértiles, con abundancia de materia orgánica y ácidos¹⁸.

Flora: Es una de las áreas con mayor endemismo de árboles en México. Según Sowa (1968), en la región de los Tuxtlas existen nueve tipos de vegetación que son: bosque caducifolio, encinar, manglar, sabana, selva alta perenifolia, selva baja perenifolia, selva mediana subcaducifolia, pinar y vegetación costera. De acuerdo a Ibarra-Manríquez y Sinaca Colín (1987), la flora vascular en la Estación Biológica de los Tuxtlas ubicada en Catemaco, incluye 818 especies, 505 géneros y 118 familias.

Fisonómicamente, la selva de los Tuxtlas se conforma árboles altos, de troncos gruesos y lisos, las copas de los árboles son aplanadas, y la mayoría de las especies poseen hojas de pequeñas a medianas, con excepción de las palmas, plantas heliofitas (pioneras) y algunas aráceas y orquídeas; sin embargo esta selva no sólo se describe por los árboles, ya que un aspecto de extrema relevancia de las selvas es la presencia de lianas (bejucos), palmas, epífitas y diversas especies de bambúes.

Fauna: La riqueza de peces en esta zona es vasta, en las aguas dulces de ríos y lagos, se observan especies de la familia Poecrilidae a la que pertenecen los peces conocidos en la localidad como "topotes". Otra familia importante en la región es la Characidae donde se incluye la llamada "pepesca" de la cual se conocen dos especies endémicas, una se encuentra en el lago de Catemaco y otra en el río La Palma, de la cual se han registrado varias especies apreciadas como alimento la región. De los peces marinos que penetran a las aguas continentales en Sontecomapan y el río Máquinas, no se presentan especies exclusivas, pero si una alta diversidad de especies.

Los Tuxtlas, es uno de los sitios mejor conocido en lo que respecta a su fauna de anfibios y reptiles, debido a su diversidad de especies endémicas esta región adquiere una posición relevante desde el punto de vista taxonómico y zoogeográfico.

Es una región particularmente rica en serpientes, comparada con otras regiones de México o del mundo, esto debido a la diversidad de hábitats, las especies de serpientes se encuentran formando grupos característicos de cada grupo de vegetación. La avifauna es muy basta considera aves migratorias y acuáticas. En esta región se han registrado 128 especies de mamíferos terrestres (28.3 por ciento del total de las especies de mamíferos de México), se distribuyen poco más de 19 especies de mamíferos que se encuentran amenazadas o en peligro de extinción.

I.2 Contexto Artificial (datos generales, contexto social, equipamiento urbano, infraestructura y servicios urbanos, problemática de la región)

En este apartado se explica como ha crecido la zona, los aspectos económicos, equipamiento e infraestructura, necesidades y problemática de la región.

I.2.1 datos generales

¹⁸ Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar

Se ha dado un cambio en el uso de la tierra en el sector primario, de uso agrícola a ganadería extensiva, presentándose como un problema ya que consume un gran porcentaje de la producción de granos y es la principal causa de alta tasa de la deforestación de la región.

El crecimiento natural de la población se ve reflejado en una expansión rural moderada del poblado. No existen nuevas localidades y únicamente pueden observarse nuevas construcciones de algunas casas en la ribera de la laguna de Sontecomapan.

Surge la necesidad de dar un ordenamiento a la zona, donde el medio ambiente se entienda como un ecosistema de características únicas y una biodiversidad insustituible. Se trata de establecer un orden, en los desarrollos rural y semiurbano, que eviten un impacto ecológico negativo.

Debido a que no existe un plan de desarrollo urbano para la comunidad de Sontecomapan ya que es muy pequeña, la referencia más próxima que se tiene al respecto es en primera instancia el Plan de Desarrollo de Catemaco, y de manera más general el Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010; ambos documentos son muy generales y no arrojan datos concretos al respecto por lo que se realizó investigación de campo mediante una visita al sitio de estudio a finales del año 2008, para analizar lo referente al contexto social, equipamiento, infraestructura y servicios urbanos, de acuerdo a lo observado se presentan los siguientes resultados.

1.2.2 contexto social:

Aspectos económicos, aunque hace poco se han obtenido importantes beneficios económicos provenientes del ecoturismo, al ser esta una actividad reciente, prevalecen las actividades primarias, a continuación se describen algunos de los aspectos más significativos de las principales actividades productivas de la región.

*Agricultura*¹⁹

Maíz: Destaca dentro de los cultivos principales de la región, por ocupar la mayor parte de la superficie de labor, pues suma el valor más alto de la producción, de los costos de producción y de los jornales utilizados (SEMARNAP/PRODERS, *et al.*, 1997). Aproximadamente el 53 % de la población ocupada en la actividad agrícola se dedica a la producción de maíz, productores que en su mayoría poseen terrenos bajo régimen de propiedad ejidal, con superficies promedio de 1.5 ha.

Frijol: Es de gran importancia principalmente por su papel alimenticio en el autoabasto y como sistema en la ocupación de la fuerza de trabajo. Actualmente este cultivo se encuentra notablemente a la baja en su superficie de cultivo.

Tabaco: Existe una zona dedicada tradicionalmente a la producción de tabaco, el cual se ha cultivado desde hace muchos años y representa una importante derrama económica.

19

Café: La cafecultura es una actividad importante en la Región el café es uno de los cultivos que responden mejor a la preservación de las funciones ambientales, principalmente por la cobertura arbórea que proporciona al suelo. Sin embargo, se han visto disminuciones importantes, tanto en superficie como en sus rendimientos.

Papaya: este cultivo ha tenido una tendencia a la baja, después de haber representado el tercer lugar en cuanto al volumen de la producción y el quinto en valor de la producción, costos de producción y jornales requeridos.

Del total de jornales utilizados para las labores en los principales cultivos agrícolas, el 84.5 % corresponden a mano de obra familiar (mujeres, niñas y niños) y el resto a mano de obra asalariada. Ello permite apuntalar la afirmación de que la actividad agrícola es fuente importante para la retención de mano de obra.

Ganadería: La Región presenta un paisaje predominantemente ganadero, matriz en la que se imbrican los usos agrícolas y forestales. Una mezcla de políticas públicas (colonización, repartición de tierras y créditos), así como patrones productivos y prácticas culturales, de influencia externa, determinaron que el uso del suelo para fines ganaderos se fuera imponiendo en la región desde principios de la década de los años 60 hasta el año de 1990, con una tasa de crecimiento promedio anual de 180 % y entre 1990 y 1995 de 26 % anual.

Pesca: en la Laguna de Sontecomapan con 890 ha., se lleva a cabo la explotación pesquera de la zona, debido a la gran superficie de esta laguna y a que se conecta con el mar, la acuacultura puede llegar a convertirse en una actividad relevante en la región. También se expresan diversos sistemas de producción pesquera, de acuerdo al medio básico en el cual se desarrollan: ríos, lagos, lagunas o ribera marina. Aunque algunos pescadores inciden sobre lagunas y el mar indistintamente.

La pesca en mar se practica principalmente sobre especies como robalo, lisa, lebrancha, sierra, pargo, tiburón; mientras que camarón, almeja bola, ostión, jaiba, y cangrejo, son las que caracterizan la actividad en la laguna. Todas estas variedades tienen una importancia comercial, aunque también son aprovechadas para el autoconsumo.

1.2.3 equipamiento urbano

El Comisariado es el encargado de la administración y de proporcionar seguridad y justicia a la población, en materia de educación se cuenta con una escuela de nivel preescolar, una primaria, y una telesecundaria, en cuestión de salud cuenta con una clínica de atención básica del IMSS, la zona de estudio está comunicada por las siguientes vialidades: vial y de caminos, carreteras federales y caminos de terracería, en cuanto a recreación la franja costera de Sontecomapan, ofrece hermosos paisajes, espectaculares acantilados y bellas playas, pudiéndose practicar el campismo y los deportes acuáticos en general; dentro de estos atractivos también se cuenta con la Barra de Sontecomapan, Laguna de Sontecomapan, el manantial Poza de los Enanos y la zona arqueológica de Tres Zapotes, en el aspecto religioso predomina el catolicismo y existe una pequeña iglesia dedicada a este culto; en relación al comercio en la comunidad existen pequeñas tiendas familiares que ofrecen productos básicos, también se cuenta con una cooperativa pesquera, y la comunidad vende sus productos agrícolas y ganaderos en Catemaco, en los aspectos de género, predomina la actividad económica realizada por los hombres, aunque en los cultivos agrícolas participan activamente mujeres y niños.

1.2.4 Infraestructura y servicios urbanos

Agua entubada, Drenaje, Luz eléctrica y Pavimentación; solo se encuentran en la calle principal del poblado, por lo que la propuesta del prototipo de vivienda pretende satisfacer esta falta de servicios integrando sistemas alternativos de servicios básicos.

1.2.5 Problemática de la región

La Secretaría de Desarrollo Social tiene identificadas en Veracruz 49 municipios clasificados como de marginación alta, dentro de estos se encuentra Sontecomapan, lo que implica que sus pobladores además de estar excluidos del bienestar, enfrentan condiciones adversas lo que implica que tengan niveles bajos de crecimiento económico y productivo, lo cual sin duda es una de las bases de la arraigada marginación en que viven.²⁰ Aunado a esto la extensión y orografía de la región no facilita su integración física, ya que el difícil acceso a esta comunidad hace que se eleven los costos de la infraestructura de comunicaciones y transportes y dificultan llevar servicios básicos a la población que vive dispersa.²¹

En la Región de Los Tuxtlas, se presenta un alto déficit de vivienda, es por eso que en el plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010, dentro del Capítulo VI (Desarrollo urbano y regional), se propone el desarrollo de tres puntos clave:

- Ordenamiento territorial.
- Desarrollo de infraestructura hidráulica.
- Impulso al equipamiento urbano y a la vivienda.

Sontecomapan se caracteriza por ser una comunidad rural enclavada en la selva y con extensas playas en el Golfo de México, cuenta con gran diversidad de flora y fauna, así como con vastos recursos naturales, como ríos, manantiales, y la laguna de Sontecomapan, sin embargo todas estas riquezas no son valoradas por los pobladores desde el aspecto medio ambiental, sino desde el aspecto económico ya que la escasez de recursos económicos con que vive la población propicia la venta y tráfico de recursos naturales y especies en peligro de extinción, la tala inmoderada y la quema de los remanentes de la selva para crear tierras de cultivo, estas actividades han sido identificadas como una de las primeras causas de pérdida de la cubierta forestal y de amenaza para la biodiversidad.

Actualmente el modo de vida de la mayoría de los pobladores de Sontecomapan se lleva a cabo mediante actividades como la agricultura, ganadería, caza, pesca y extracción de madera, mismas que reflejan un intenso uso de la tierra y alteración de los ecosistemas; se ha dado un cambio en el uso de la tierra en el sector primario de uso agrícola a ganadería extensiva, presentándose como un gran problema, ya que consume un gran porcentaje de la producción de granos y es la principal causa de la alta tasa de la deforestación de la región, ya que a devastado mucha de la superficie original de la selva y gran parte del manglar²².

Desde el punto de vista medioambiental, es una de las zonas más conservadas en lo esencial, sin embargo, sí ha resentido algunos

²⁰ Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010

²¹ Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010

²² Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Desarrollo Regional (1999), "Estudio para la actualización del Plan de Desarrollo Regional Turístico de la zona de los Tuxtlas, Veracruz.

deterioros, sobre todo en los siguientes aspectos:²³

- Deforestación de selvas remanentes, actualmente solo se tiene el 14% de la superficie original, con una tasa histórica de deforestación de 2000 a 4000 hectáreas anuales por actividades agrícolas, pecuarias e incendios forestales.
- Pérdida de hábitats y de material genético, explotación irracional, extracción selectiva y sobreexplotación de los recursos.
- Eutrofización y asolvamiento de los cuerpos de agua
- Disminución de áreas de captación de lluvia por la tala ilegal.

Debido a su condición de Área Natural Protegida, se hace necesario frenar, prevenir y corregir estos deterioros, motivo por el cual se convierte en un punto muy importante de la problemática, el convencer a la población de restringir sus actividades productivas de vida agrícola, ganadera, de caza y de pesca, ya que generan un fuerte impacto negativo en la zona, proponiéndoles una reconversión de empleos y actividades productivas, que conlleven a un modo de vida más equilibrado con el lugar en el que habitan, afectando lo menos posible el ecosistema, como parte de esta reconversión productiva se propone sembrar y cosechar bambú, para la elaboración de muebles artesanías y como material de construcción, además de que mientras esta sembrado se pueden obtener beneficios económicos mediante el pago por captura de carbono.

La mejor estrategia para abatir la pobreza, en sus diferentes niveles, es el crecimiento económico y la generación de empleo, por lo que el Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010 propone las siguientes Líneas estratégicas:

- Diseñar y aplicar programas de desarrollo local y comunitario, en especial en las comunidades indígenas.
- Impulsar a los programas de mejoramiento de la vivienda en zonas de extrema pobreza.
- Impulsar los programas de alfabetización y capacitación para el trabajo.

Es necesario *propiciar un desarrollo urbano y regional sustentable*, armónico con la naturaleza, que eleve los índices de bienestar social y económico, fundamentado en herramientas tecnológicas modernas que permitan la oportuna toma de decisiones.

El problema de la vivienda en Veracruz, es ancestral y lo ha llevado a ocupar los últimos lugares en los indicadores de rezago en la materia. En cobertura de casas con recubrimiento en pisos, Veracruz ocupa el lugar 29, en cobertura de casas con materiales durables en techos, el lugar 27, y en cobertura de casas con materiales durables en paredes el lugar 22. Además del déficit de vivienda por la calidad de la misma, Veracruz enfrenta un problema más profundo. Considerando la dinámica demográfica, se requerirá construir cuando menos 50,000 viviendas por año durante los próximos seis años. En los últimos años, en este Estado solo se ha cubierto una tercera parte de esa demanda con vivienda formal. A partir de lo anterior se plantean los siguientes objetivos generales en materia de vivienda para Veracruz en 2005-2010.

- Dotar de infraestructura urbana básica a las ciudades de Veracruz, para propiciar el mejoramiento de las condiciones de vida y bienestar social de la población.

²³ Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Desarrollo Regional (1999), "Estudio para la actualización del Plan de Desarrollo Regional Turístico de la zona de los Tuxtlas, Veracruz.

- Fomentar decididamente la construcción de vivienda de interés social y popular, reduciendo el costo para la construcción de vivienda.

Aspectos fundamentales que limitan el proyecto:

La **conservación** del medio ambiente.

La **superación** de la pobreza.

La **generación** de fuentes de empleo y reconversión de actividades productivas amigables con el medio ambiente.

La **disminución** del déficit de vivienda.

Los cuales tienen repercusiones directas en la solución del proyecto en los ámbitos urbano, arquitectónico, sociocultural y medioambiental.

I.3 Contexto Histórico (El Bambú en Asia, América Latina, en México, en Veracruz, en la Región de los Tuxtlas)

Las construcciones con bambú no son algo reciente ni están de moda debido al auge que ha cobrado la importancia que tiene el medio ambiente para el hombre y su supervivencia; en los tiempos pasados, la mayoría de los hombres vivía en casas y refugios hechos de materiales naturales, entre ellos el bambú.

1.3.1 El bambú en Asia

En la mayoría de los países de Asia, la estructura principal en las construcciones era de bambú, el cual también se utilizó en la construcción de cubiertas, tableros, muros interiores y exteriores; un ejemplo de este tipo de construcciones es la Casa Torajda, en Indonesia, cuyo carácter distintivo es que la cubierta disemina uniformemente sus cargas en los postes diagonales conformados por la estructura de bambú.

En *India* aprovecharon la elasticidad del bambú construyendo en sus viviendas arcos y bóvedas, que luego sirvieron de base para inventar la cúpula de bambú, de la cual se derivaron las diferentes cúpulas que hoy son símbolo de la arquitectura hindú.

En *China* se utilizó el bambú de diámetros pequeños para reforzar las paredes de adobe, así como en la construcción de puentes colgantes en donde se emplearon cables hechos de bambú, cuya resistencia es tan grande, que con ellos se lograron cubrir distancias superiores a los 75 metros, sin soportes centrales, entre China, el Tibet y el Himalaya.

En *Japón* el bambú se utiliza en viviendas y jardines como un elemento decorativo, en celosías, rejas de ventanas, y cercas, en los últimos años, con ayuda de la tecnología, se están produciendo nuevos materiales de construcción obtenidos por transformación del bambú tales como baldosas para pisos, y paneles contrachapeados.

I.3.2 El Bambú en América Latina

Antes de la llegada de los españoles a nuestras tierras, las construcciones debieron ser realizadas con materiales orgánicos (bejucos, hojas, bambúes, maderas etc.), los primeros vestigios que se tienen sobre el empleo del bambú en la construcción de viviendas en América datan de hace 9500 años y fueron encontrados en Ecuador bajo la dirección de la Dra. Karen Stothert, en la excavación que se hizo en dicho

lugar se encontró una zanja de forma casi circular de 1.50 a 2.0 metros de diámetro, dentro de la zanja estaban los huecos redondos donde estuvieron enterrados los bambúes que conformaban su estructura²⁴

De acuerdo a la información de los cronistas del siglo XVI, existían en América inmensos bosques de cañas de bambú gigante que los españoles llamaron “cañaverales”; muchos de los bosques de bambú estaban distribuidos en las cuencas de los grandes ríos desde el sur de México, América Central y América del Sur.

La ciudad de Chanchan en Perú fundada entre los años 850 y 1425 D.C. fue la más prominente en construcción con piedra, adobe y bambú; contaba con murallas de adobe de 9 metros de altura por 2.50 metros en la base, las cuales estaban reforzadas con una retícula de bambúes de diámetros de 12 a 15 cms., con el propósito de crear muros antisísmicos.

Con la llegada de los españoles a Colombia, se introdujeron algunas técnicas de construcción las cuales poco a poco se aplicaron en las construcciones de bambú, ejemplos de esta conjunción de tecnologías son la utilización de estructuras de bambú con recubrimiento de mortero, y la combinación de columnas y trabes de bambú con juntas de madera. En la actualidad es el país latinoamericano que mayor y más diverso uso hace del bambú, la utilización del bambú en la construcción se ha usado tradicionalmente en pisos, cubiertas, y paredes.

El Proyecto Nacional de Bambú en Costa Rica, comenzó en 1986 como un nuevo enfoque tecnológico para ayudar a prevenir la deforestación; la idea consisten en sustituir el uso de la madera por otro material de construcción, económico y adecuado para una zona sísmica, como el bambú, en la actualidad la demanda de viviendas de bambú es muy alta.

Bolivia posee en gran parte de su territorio la especie de *bambú tacuara*, por lo que se han hecho diferentes propuestas con el ánimo de incentivar y crear conciencia sobre el uso de la tacuara en la región, dándose eventos como vivienda semiurbana y capacitación de artesanos.

En 1985 Ecuador desarrollo en un programa experimental de vivienda popular, utilizando materiales de bajo costo como el bambú empleándolo en viviendas prefabricadas edificadas por los propios usuarios, actualmente 40% de la población de Guayaquil habita en viviendas de bambú.

En la actualidad el bambú es el material más empleado en la construcción de viviendas por las gentes de pocos recursos económicos de los países asiáticos y latinoamericanos, que disponen de esta planta.

I.3.3 El Bambú en México

El potencial de los bambúes nativos de México ha sido utilizado limitadamente por razones históricas, culturales y económicas, generalmente la planta es denigrada y combatida por que se le considera una plaga, particularmente en las zonas donde se cultivan café, plátano, tabaco y cacao, y se cría extensivamente ganado.

A pesar de estar registradas las especies del bambú existentes en el territorio nacional, hay un enorme vacío de estudios respecto a su cuantía y distribución precisa, así como de sus propiedades físico-mecánicas y sus aplicaciones en la construcción, esta situación tiene su origen debido a que el uso que se ha hecho de la planta es mínimo, a que su explotación como material para construcción, elaboración de muebles y artesanías es muy pequeño, y a que su uso está restringido a las áreas del país donde crece de manera silvestre.

A mediados del siglo XIX, la introducción de nuevas formas de explotación agrícola y de cultivos dirigidos al creciente comercio de exportación entre ellos el café, el plátano y el tabaco, iniciaron la masiva transformación del paisaje de muchas regiones de México, por ejemplo, las zonas donde crecía el bambú en forma natural fueron mayormente alteradas; ya que el bambú es indicador de tierras propicias para el cultivo de dichos productos, así que para dar cabida a los nuevos e intensos cultivos, el bambú fue expulsado y destruido, ya que no se le consideraba un recurso aprovechable ni redituable, lo que ha ido ocasionando que las áreas cubiertas por este recurso vayan disminuyendo, y en muchos lugares donde alguna vez existieron, hayan desaparecido por completo

Sin embargo, el interés que el cultivo del bambú a despertado en el mundo en las últimas décadas dadas sus posibilidades de sustituir a la madera en la construcción, elaboración de muebles, producción de pulpa para papel y papel, ha empezado a encontrar un cierto eco en México iniciándose plantaciones o proyectos de éstas en los estados de Veracruz, Chiapas, Oaxaca, y Jalisco.

Tomando como referencia las experiencias de campo y laboratorio de Colombia, Costa Rica, Ecuador y Brasil, se está considerando seriamente en el país la posibilidad de utilizar el bambú como un recurso alternativo, complementario y sustituto de materiales que tienden a escasear rápidamente; como la madera.

Aunque pocas, existen ya algunas experiencias de éxito con el cultivo y aprovechamiento del bambú, destinado prioritariamente al campo de la construcción, elaboración de muebles y para la fabricación de papel; estas prácticas se están convirtiendo rápidamente en una oportunidad real de negocio.

A través de un análisis retrospectivo se observa que usar el bambú para construir viviendas en México no es ninguna novedad, es una costumbre utilizada por numerosos pueblos mucho antes de la conquista. Los *tonacas* en Veracruz, los *huastecos* en Hidalgo y Tamaulipas, los *aztecas* y *teotihuacanos* en el centro de México, y los *Maya-Chontales* en Tabasco, han construido casas con este material, y algunos grupos indígenas lo siguen haciendo aun en estos días.

(Guadua aculeata tarro) es y ha sido usada en la región norte de Veracruz y Puebla para formar las paredes y travesaños de las casas. El culmo es cortado a la mitad longitudinalmente y golpeado en numerosas ocasiones hasta formar un tablero plano. Uniendo los diferentes culmos ya sea con alambre o bejuco, se obtiene una pared que reforzada interiormente con culmos enteros puede resistir los embates del medio ambiente. Con numerosos culmos unidos se obtienen paredes fuertes y resistentes en Tabasco y Campeche.



Figura 8 Códice Matrícula de Tributos

Es conocido que las dos especies de bambú silvestre que fueron utilizadas por los grupos étnicos del México prehispánico fueron el *otate* y el *tarro*, (*Otatea acuminata* y *Guadua aculeata*). En el Museo Nacional de Antropología e Historia se encuentra el códice azteca llamado “Matrícula de Tributos”, este hace referencia al uso generalizado del bambú *otate* (*otatea acuminata*) en la región centro de México. Este códice muestra una relación de los tributos que algunos pueblos pagaban al emperador Moctezuma, rey de los aztecas antes de la conquista española. La página 22 de este códice azteca muestra claramente la representación de *otates*, interpretados como *varas de otates*, o *postes de otates*, usados en la construcción de casas mediante un sistema conocido como *bahareque*, en el cual se mezclan paja o hierba con barro o arcilla y *otate*. Este mismo gráfico representa como el *otate* fue usado para elaborar flechas, utilizadas por los guerreros aztecas. (Ver Figura 8)

El *otate* es un bambú que era abundante en los alrededores de la capital del Imperio Azteca, hoy conocido como Ciudad de México. El diagrama muestra la primera representación del bambú en el Continente Americano.

El uso del bambú en los asentamientos prehispánicos se observa principalmente en Teotihuacan, Mitla, Monte Alban y el Tajín, ya que se disponía de este material abundantemente. (Ver Figuras 9 y 10).

Figura 9, En Teotihuacan se utilizaba una cama de carrizo, como parte del sistema constructivo de los techos.²⁵

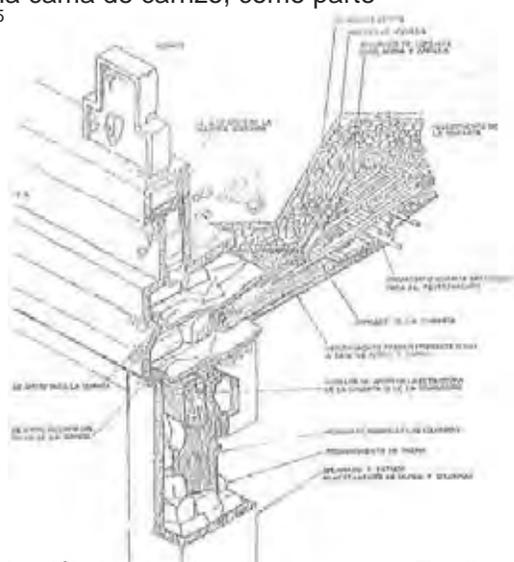


Figura 10, En Mitla Oaxaca, también se utilizaba el bambú como estructura portante y para elaborar camas de carrizo.

²⁵ Morelos García N., (1993), Proceso de producción de espacios y estructuras en Teotihuacan, INAH, CONACULTA, Colección Científica, INAH México.

El bambú en el Distrito Federal: En agosto de 2009 se registro formalmente la Red Mexicana del Bambú, con sede en el D.F. es una red multidisciplinaria de intercambio de conocimiento del bambú en México, brinda asesoría y capacitación en todas las áreas relacionadas con el bambú, uno de sus objetivos principales es vincular proyectos productivos del bambú con comunidades en donde exista este material.



Figura 11, Tenejapa Chiapas vivienda típica, tzeltal.

El bambú en Chiapas: Los motozintlecos viven en el Estado de Chiapas construyen sus casas con materiales diversos, de acuerdo con la zona. Los que habitan en clima frío usan madera para las paredes y tejamanil para el techo, mientras que los que viven en las zonas templadas emplean varas de otate y techos de palma.

Los tzeltales son el mayor grupo indígena de Chiapas, su vivienda tradicional es de un solo cuarto de planta cuadrada, con una sola puerta y sin ventanas. Las paredes se construyen de lodo endurecido con armazón de otate (bajareque), techo alto de palma, zacate o tabletas de madera. El techo es de cuatro aguas y termina en un remate abierto, por donde sale el humo del fogón. (Ver Figura 11, tomada de *The Traditional Architecture of México*, Thames and Hudson 1993)



Figura 12, vivienda tzotzil, Chamula Chiapas

Los tzotziles conforman el segundo grupo étnico más numeroso del Estado de Chiapas. La vivienda varía en sus materiales de una comunidad a otra, aunque todas son, fundamentalmente, del mismo tipo; de planta rectangular de 3.5 por 4.5 metros, los techos son de cuatro aguas, de palma o zacate. La diferencia entre las casas de una u otra comunidad está en el remate del techo. Las paredes se hacen de bajareque y el piso de tierra apisonada. Tienen una puerta pequeña al frente hecha con tablas. Algunas tienen ventanas pequeñas, aunque la mayoría carecen de ellas. (Ver Figura 12, tomada de *La casa que Canta*, Arquitectura Popular Mexicana, Secretaría de Educación Pública, 1982).



Figuras 13 y 14, Viviendas Jacaltecas, Chiapas

La vivienda tradicional de chujes y jacaltecós es similar a la del resto de la zona maya, son de planta rectangular de cuatro por seis mts., la construyen con ayuda de parientes, normalmente, Las paredes se construyen de bajareque, los techos se hacen de paja en las zonas templadas y de palma en las cálidas. (Ver Figuras 13 y 14, tomada de *La casa que Canta*, Arquitectura Popular Mexicana, Secretaría de Educación Pública, 1982).

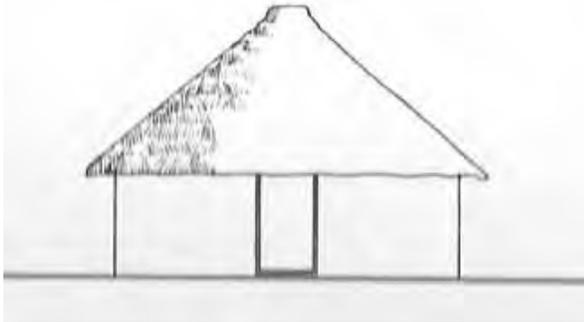


Figura 15, croquis de casa redonda



Figura 16, vivienda en Guerrero

El bambú en Guerrero: La vivienda de planta redonda que se ve en la costa guerrerense, es uno de los rasgos de procedencia africana que se ha conservado en la población de la zona e incluso e incluso se ha propagado entre otros grupos indígenas, la vivienda redonda cuenta con un techo cónico hecho con un entramado de varas verticales y ramas horizontales, las cuales se cubren con palma, los muros están hechos de otate el cual se cubre con una mezcla de tierra, zacate y estiércol empleando la técnica del muro de bahareque, no cuenta con ventanas, y la puerta esta hecha con otates unidos con bejuco²⁶. (Ver Figuras 15 y 16, tomadas de Morales 1987).

El bambú en San Luis Potosí: Los Huastecos de San Luis Potosí (Teenek), es el grupo maya que se distribuye actualmente en una franja que se extiende por el norte de Veracruz. Las viviendas teenek, se encuentran escondidas entre la maleza, los árboles y la vegetación, les dan sombra en los intensos calores de primavera y verano. Las casas en su mayoría son edificadas de otate, madera, bambú y varas, con techo de palma²⁷. (Ver Figuras 16 y 17)



Figura 17, Vivienda redonda en San Luis Potosí
Arquitectura vernácula en México



Figura 18, Detalle de techumbre cónica en San Luis Potosí
Arquitectura vernácula en México

El bambú en Puebla: En la entidad desde hace siglos crece el bambú en riachuelos y barrancas, se tiene una estimación de 2000 hectáreas de bambusales naturales, a partir del 2005 comenzó a sembrarse con fines comerciales y como una alternativa para resolver el problema de deforestación en miles de hectáreas de bosque, sin perder de vista los beneficios económicos que se generarían; pretenden ser

²⁶

²⁷ Gallardo Arias P. (2004), Huastecos de San Luis Potosí, Pueblos Indígenas del México Contemporáneo, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

la primera entidad en incorporar esta gramínea como parte de su estrategia de negocio. La Secretaría de Desarrollo Rural en Puebla, ha establecido un proceso para la Cadena del Bambú, con las siguientes funciones:

Establecer la coordinación entre productores, organizaciones, constructores, artesanos e instituciones federales y estatales, para el desarrollo de las actividades en cada uno de los eslabones de la cadena del bambú.

Coordinar la construcción y operatividad de un vivero de Bambú, para la reproducción de 30,000 plantas de las especies Guadua Angustifolia y Old hammi.

En el Subprograma de Reconversión Productiva Fortalecimiento a la Cadena de Bambú, existen distintos subsidios encaminados a la producción, transformación, seguimiento y asesoría en bambú, con los siguientes apoyos: vivero para la producción de bambú, compra de planta para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales, compra de planta para la reproducción, saneamiento de plantaciones naturales, construcción con bambú, capacitación en el cultivo, manejo, preservación e industrialización del bambú, equipo y herramienta para el aprovechamiento forestal del bambú.

Hace tres años no había plantaciones comerciales de bambú en Puebla, en el primer mes del 2008 se tenían mil 200 hectáreas contabilizadas en 40 municipios de la Sierra Norte, Sierra Negra y la Mixteca. El Instituto Poblano de la Vivienda (IPV), firmó un convenio para financiar la construcción de hasta 500 casas en zonas rurales marginadas utilizando el bambú como materia prima, y se inició la construcción de un centro de industrialización y de un vivero para la producción de planta.

Entre lo más relevante que se ha desarrollado en Puebla en cuanto a construcciones con bambú se tiene el ejemplo de la Cooperativa "Tosepan Titataniske", integrada por 60 comunidades de los municipios de Cuetzalan, Jonotla, Hueytamalco, Tlatlauquitepec, Tuzamapan y Zoquiapan en la Sierra de Puebla. Su sede esta en Cuetzalan; desde 1989 intensificaron los esfuerzos en la generación de empleos, la diversificación de cultivos y la puesta en marcha de otros programas de trabajo que los vuelvan menos vulnerables, entre los cuales se incluyó la siembra de bambú y su uso en artesanías y construcción. (Ver Figuras 19 a 22)



Figuras 19 a 22, Hotel Tosepankali, Cuetzalan, construido con el fin de promover las construcciones de bambú y el turismo ecológico en la zona.



El bambú en Tabasco: Los chontales de Tabasco son de origen maya, la casa tradicional se construye con paredes hechas de varas de jahuacté sostenidas por horcones de madera o metal, con una o dos puertas de varas de otate, generalmente sin ventanas. La planta es rectangular, cuenta con dos espacios separados; uno destinado a dormitorio y otro a la cocina. En la costa las casas son de adobe, tabique o piedra, con techos de teja o palma de una o dos aguas, de forma circular o cónica. En la sierra se caracterizan por ser de bambú con barro o de adobe con techo de paja, teniendo generalmente una o dos habitaciones. (Ver Figura 23)

Figura 23, Casa chontal, el techo es de palma y los muros son de bambú rajado Tapotzingo, Tabasco, Instituto Nacional Indigenista



El bambú en Yucatán: La casa maya carece de ventanas. El techo es de palma de dos aguas y bastante alto, el piso es de tierra apisonada. Tiene una sola entrada, en cuya puerta utiliza un tejido de varas, bejucos, carrizo y bambú. Para la construcción no emplean clavos, sino ligaduras hechas con bejuco. Las paredes son blancas, se hacen con vara entretejida recubierta con barro, posteriormente se pintan con cal. La casa está rodeada por un solar en el que hay pequeñas construcciones anexas como el chiquero, gallinero, así como una troje para guardar los granos y un huerto. (Ver Figura 24)

Figura 24 Casa absidal, Tikul, Yucatan²⁸

En algunas regiones de **Jalisco y Colima**, aun se pueden notar pueblos enteros utilizando bambú para construir sus hogares bajo el sistema de *Bahareque*, donde se mezcla el barro y el zacate a las varillas del otate (*Otatea acuminata*). Santa Maria Tatetla y Jalcomulco son dos pueblos veracruzanos donde aun se acostumbra la construcción con bambú, en su mayoría otate. (Ver Figuras 25 a 27)



Figuras 25 a 27, casas con el sistema de bahareque. Fotos cortesía de Bambumex.

²⁸ Villaseñor Diego, Ojeda Muñoz A., Remus José, Vivienda Tropical , SAHOP (Secretaría de Asentamientos y Recursos Humanos y Obras Públicas), México.

1.3.4 El bambú en Veracruz: Esta región del país tiene una gran tradición de utilizar el bambú como material de construcción, hablando específicamente de los pueblos indígenas de esta región se observa lo siguiente:

La mayor parte de los huastecos²⁹ viven en los municipios de Tantoyuca, Tempoal, Tancoco, Chicontepec y Chontla, Cada familia individual tiene su propia vivienda aislada de los demás, se conoce como "ranchería" a la unión de varias casas dispersas, pero relativamente cercanas.

El habitáculo característico de los huastecos en Veracruz es el bohío, una choza de planta redonda y techo cónico cubierto con zacate o palma, cerrada en el vértice superior por una olla invertida. La estructura del techo descansa en horcones de madera; bajo él, en la parte más alta, queda un espacio para guardar utensilios de poco uso y mazorcas de maíz. Las paredes están construidas con varas de otate dispuestas verticalmente y atadas con bejucos, las cuales generalmente se recubren con barro para mejor sellamiento. Tiene una sola entrada cubierta con una puerta de varas o de madera. El piso es de tierra apisonada.

El interior de la vivienda es bastante amplio ahí se encuentran el dormitorio y la cocina. Duermen por lo general sobre petates o esteras en el suelo, que durante el día permanecen enrollados contra las paredes, hay petates de tule y de corteza de otate. En algunas ocasiones se suelen ver camas de otate y cunas para los niños que cuelgan de las vigas.

En el jacal se encuentra el banco de tres pies y sillas. Algunos tienen muebles modernos. De las vigas cuelgan aros de bejuco entretejidos con ixtle en los que se guardan alimentos. Cerca de las piedras del fogón colocan las ollas, cazuelas, jarros de barro, bateas cucharas de madera, comales, metate y molcajete. Alrededor de la casa hay un patio amplio con árboles frutales y espacio para animales domésticos.



Figura 28, Interior de portal en Antigua Veracruz.
Arquitectura vernácula en México



Figura 29, Los otates cortados forman la cama del tapanco, Veracruz.
Arquitectura vernácula en México

²⁹ <http://www.uv.mx/popularte>

Otro de los ejemplos de la vivienda huasteca se encuentra en la llanura costera de Veracruz, en donde se encuentran un gran número de montículos formando plazas y las plataformas rectangulares que soportan la estructura doméstica, se hallan dispuestas alrededor de patios o espacios semicerrados. El sistema utilizado para la factura de estos basamentos consiste en mezcla de tierra o lodo entremezclados con pedacería y conchas de ostión debido a la cercanía del mar y el recubrimiento está realizado por medio de la superposición de lajas.

En la actualidad se pueden encontrar en algunas rancherías de la llanura costera viviendas con planta circular, cuyos muros formados por un entramado de otates con un enjarrado de arcilla, o tierra de río y zacate; la iluminación y ventilación en los muros, se logra muchas veces dejando los bambúes aparentemente sin enjarrar, circunscribiendo perfectamente la zona deseada a manera de ventana. Generalmente la techumbre se fabrica con zacate o palma sobresaliendo alrededor de un metro o más, formando aleros y hasta portales completos³⁰.



Figura 30, Vivienda totonaca en Veracruz.

Los Totonacas de Veracruz, la casa totonaca tradicional consta de un cuarto redondo, donde se cocina, y se duerme, las paredes son de carrizo, bambú, y ramas, con techo de zacate a dos aguas y un tapanco donde se guardan semillas. La mayoría de las casas tienen un jardín con plantas ornamentales y un huerto con plantas alimenticias y medicinales, así como árboles frutales³¹. (Ver Figura 30)

El Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero situado en la ciudad de Xalapa, ocupa un área de aproximadamente 7 hectáreas donde se han plantado desde mediados de 1975 un número considerable de especies de plantas características del centro del estado de Veracruz, entre las que se pueden encontrar diversas especies de bambú, el Jardín Botánico es un área pública administrado por el Instituto de Ecología A.C.

BAMBUVER: esta empresa ubicada Huatusco Veracruz inicia sus actividades en 1988, cuenta con 800 hectáreas, y plantaciones de más de 36 especies de bambú, dentro de sus instalaciones cuenta con un espacio multifuncional para procesar el bambú, el espacio sirve como taller, almacén, área de secado y preservación, cuenta con gran variedad de maquinaria la cual fue importada de la India, ha participado en la construcción de algunas viviendas y en la construcción de un restaurante propiedad del sr. Rafael Guillaumin dueño de BAMBUVER, prácticamente esta empresa se dedica a propagación y venta de bambú y sus derivados, como prefabricados, pisos, tejas y paneles para armar muros.

³⁰ López Morales F. (1987), Arquitectura VERNÁCULA en México, Editorial Trillas.

³¹ Masferrer Kan E. (2004), Totonacos, Pueblos Indígenas del México Contemporáneo, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas.

1.3.5 El bambú en la región de los Tuxtlas

Se observan grandes zonas cubiertas con bambúes de diferentes especies, entre las que se encuentran la *Guadua Aculeata* y la *Otatea Acuminata*, la mayoría de estos bambusales son silvestres, aunque existen algunos creados artificialmente con fines comerciales.

Hablando específicamente de Sontecomapan, se observa el uso del bambú principalmente en la construcción de algunos muebles y artesanías, guías de cultivo, y en la construcción de algunas bardas, rejas y corrales, se pueden ver de manera aislada algunas edificaciones con bambú

Aunque no es muy común, aún existen algunas viviendas que usan bambú en su construcción, las viviendas, se fabrican llevando un armazón de troncos y varas gruesas, las paredes son de carrizos, varas, y bambú, generalmente tienen una puerta. Los techos se soportan mediante troncos y sobre ellos se colocan las tejas o carrizo, de manera transversal o diagonalmente.

Como se observa en las fotografías (Ver Figuras 31 a 35), aunque se aplica el uso de bambú en la construcción de viviendas no lo explotan al máximo, por lo que sí se enseñara a la comunidad a emplear otros métodos constructivos, como construir con módulos estructurales de bambú obtendrían mejores resultados en sus viviendas.

Viviendas ubicadas en las orillas de Sontecomapan



Figura 31



Figura 33



Figura 32



Figura 34



Figura 35



Fig. 36, Barda de bambú, en vivienda ubicada en la carretera hacía Sontecomapan Sontecomapan



fig.37,Columnas de bambú, en cabaña de



Figs. 38 y 39, Cabañas con muros de bambú, en centro de ecoturismo, Sontecomapan.

Estas evidencias nos indican que en Veracruz existe una cultura ancestral del uso del bambú y de materiales naturales en la construcción, aunque con la modernización estas técnicas constructivas fueron perdiendo fuerza, en las regiones más rurales aún se conserva cierta cultura del uso del bambú.

En Sontecomapan, se tienen algunos antecedentes del uso del bambú en la construcción, aunque de manera precaria, tal vez este sea el principal motivo por el que no se le toma en cuenta como un material valioso para la construcción, es por eso que este proyecto pretende cambiar de manera positiva mediante hechos factibles y convincentes la idea negativa que se tiene de este material, demostrando que es posible tener construcciones con bambú de excelente calidad.

1.4 Contexto Legal

El proyecto de investigación Bambú: una alternativa constructiva en México, se sitúa en la comunidad de Sontecomapan en Catemaco, la cual pertenece a la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas en Veracruz, la cual corresponde a las (ANP) Áreas Naturales Protegidas y a su vez al (SINAP) Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas. (Ver Figura 41)

Por su importancia ecológica la Región de los Tuxtlas, ha sido objeto de esfuerzos de conservación desde hace varios años, con los siguientes decretos:

Zona Protectora Forestal y Refugio Faunístico Volcán de San Martín, publicado el 20 de marzo de 1979, abarcando una superficie de 5,370 hectáreas aproximadamente. En 1988 al entrar en vigor la Ley del Equilibrio Ecológico, la SEDUE la reclasificó como Reserva Especial de la Biosfera y la incorporó al Sistema Nacional de áreas Protegidas (SINAP).

Zona de Protección Forestal y Refugio de la Fauna Silvestre Sierra de Santa Martha, cubriendo una superficie aproximada de 20, 000 hectáreas. En 1988 es reclasificada como Reserva Especial de la Biosfera y se incorporó al Sistema Nacional de áreas Protegidas (SINAP).

El establecimiento de la Reserva es un paso fundamental en el rescate de Los Tuxtlas, ya que de esta manera se establecen áreas de conservación y restauración ecológica, así como el ordenamiento de las actividades productivas, los cuales son pasos decisivos para el futuro de Los Tuxtlas, de los habitantes de la región y de los núcleos urbanos que dependen de los servicios ecológicos que la Sierra de los Tuxtlas les provee.

Por su variedad de ecosistemas, por el número de especies de flora y fauna silvestres y por sus endemismos, a México se le cataloga como el cuarto país en megadiversidad biológica. Por ello nuestro país tiene ante sí una enorme responsabilidad tanto ante la sociedad mexicana, como frente a la internacional, de conservar estos tesoros biológicos que son las Áreas Naturales Protegidas.

Los servicios ecológicos que prestan las Áreas Naturales Protegidas, tales como la recarga de los acuíferos, la prevención de la erosión y el mantenimiento de las masas forestales, representan un considerable ahorro económico al país. La inversión en ANP reduce de manera importante y preventiva la necesidad de recursos que tendrían que ser invertidos por dependencias gubernamentales de manera reactiva en proyectos de reforestación, restauración de suelos o construcción de infraestructura hidráulica y de forma particular la reducción de impactos a causa de fenómenos naturales como sería la prevención de deslizamientos o inundaciones debido a huracanes o tormentas tropicales. Invertir un peso en la conservación de los ecosistemas dentro de las ANP representa recibir varias decenas de pesos en bienes y servicios ambientales y un gasto social a favor de la nación y de las comunidades que habitan en las zonas de amortiguamiento de las Áreas Naturales Protegidas.

La conservación de los bienes y servicios que prestan los ecosistemas representa un elemento indispensable e insustituible de la sostenibilidad y por ello está al servicio de la sociedad para contribuir a la calidad de vida. Son estos dos conceptos: sostenibilidad y calidad de vida con los que está comprometida la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) en su labor de conservación.

En los planteamientos de la CONANP se incluye la participación de comunidades rurales e indígenas en áreas de influencia y regiones prioritarias para la conservación, así como de las instituciones académicas que contribuyen a la formulación de los programas de manejo, a la investigación y al monitoreo.

Al encontrarse la comunidad estudiada dentro de un contexto tan restringido por legislaciones ambientales, se hace obligatorio tomarlas en cuenta para el buen funcionamiento del proyecto, ya que desde el punto de vista legal dan el marco de ordenamiento ecológico a la zona de estudio.

Para determinar los parámetros que delimitan lo que esta o no está permitido realizar en la zona, es necesario remitirse al Plan de Manejo de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas 2006, y al Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010; ya que la información obtenida de estos documentos, permitirá tomar las acciones adecuadas para el óptimo desarrollo de este proyecto

A continuación se presenta un resumen del Plan de Manejo de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, en donde se exponen los puntos de mayor relevancia, y con mayor influencia en el proyecto.

Punto muy importante y regidor del proyecto es, el *ordenamiento ecológico de zonificación*, en la Región de los Tuxtlas no existe un Ordenamiento Ecológico decretado en el que se inserte el polígono de la Reserva De la Biosfera. Sin embargo, la SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) realizó un trabajo coordinado para la definición de la Zonificación, compatibilizando ciertos criterios de Protección, Manejo y Aprovechamiento. Este trabajo concluyo en la realización de El Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas, el cual establece las acciones mediante las cuales se pretenden alcanzar los objetivos de conservación y manejo adecuado de los ecosistemas y su biodiversidad; fue elaborado por la Universidad Veracruzana teniendo en cuenta los lineamientos y criterios de subzonificación establecidos por la Dirección de Ordenamiento Ecológico del Instituto Nacional de Ecología (INE) a partir del diagnóstico ambiental y biológico realizado por el Instituto de Ecología de Xalapa, A.C., con los aportes de otras instituciones académicas y de investigación UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México), Universidad Veracruzana y del estudio socioeconómico realizado por organizaciones entre las que destacan Proyecto Sierra Santa Marta y el Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM.

De ese trabajo surgieron criterios de zonificación, con la finalidad de cumplir con los objetivos de creación, conservación y manejo de la Reserva, dentro de los cuales se estableció una Subzonificación de la Zona de Amortiguamiento, tomando en consideración sus elementos biológicos, físicos y socioeconómicos, su estado de conservación y problemática, todo ello en función de la vocación natural del suelo, de su uso actual y potencial. (*Ver Figura 42*)

Las zonas y subzonas estarán sujetas a regímenes diferenciados en cuanto al manejo y a las actividades permisibles en cada una de ellas, así como la intensidad, limitaciones y modalidades a que dichas actividades queden sujetas.

La zonificación establecida en el decreto de la Reserva De la Biosfera de Los Tuxtlas, establece tres zonas núcleo y una zona de amortiguamiento, de acuerdo al Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en Materia de Áreas Naturales Protegidas (ANP) (30 noviembre 2000). *(Ver Figura 43)*

Zonas Núcleo: cuyo objetivo principal es la preservación de los ecosistemas a mediano y largo plazos. Los criterios que definieron estas zonas consideran, la mayor cantidad de selvas y bosques remanentes, tomando en cuenta sus características geográficas, importancia ecológica, así como los límites político-administrativos vigentes (ejidos, propiedades privadas y/o terrenos expropiados) para facilitar su administración y gestión, además de que fuera una delimitación fácilmente reconocible por los habitantes locales. Están integrada por tres fracciones, la que compete al estudio de este proyecto es la **Zona Núcleo Sierra Santa Martha**, a esta corresponden las áreas con pendientes muy elevadas, sitios inaccesibles y en donde ha existido poca actividad antropogénica para modificar su estructura, representa los territorios de influencia de las poblaciones indígenas de la región y en donde se manifiesta la cultura del aprovechamiento tradicional de los recursos naturales.

Esta zona núcleo tiene varias subdivisiones, una de ellas es la **Subzona de Aprovechamiento Sustentable de los Ecosistemas**, a la cual pertenece **Sontecomapan**, estas subzona esta constituida por los terrenos en los que existe un desarrollo importante de las actividades agropecuarias y donde el uso del suelo más extendido dentro de esta zona es la ganadería. Aquellas superficies en donde los recursos naturales han sido aprovechados de manera tradicional y continua, sin ocasionar alteraciones significativas en el ecosistema. Están relacionadas particularmente con la satisfacción de las necesidades socioeconómicas y culturales de los habitantes del área protegida.

De acuerdo al Artículo 55 de El Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas: Las subzonas de uso tradicional, tendrán como finalidad mantener la riqueza cultural de las comunidades, así como la satisfacción de las necesidades básicas de los pobladores que habiten en área natural protegida. Estas subzonas podrán establecerse en aquellas superficies donde los recursos naturales han sido aprovechados de manera tradicional y continua, y que actualmente estén siendo aprovechados, sin ocasionar alteraciones significativas en los ecosistemas.

En dichas subzonas, no podrán realizarse actividades que amenacen o perturben la estructura natural de las poblaciones y ecosistemas, o los mecanismos propios para su recuperación.

Sólo se podrá instalar infraestructura de apoyo a la educación ambiental y turismo de bajo impacto ambiental y que utilice ecotécnicas y materiales tradicionales de construcción propios de la región, que respeten el paisaje y la vegetación presente y genere beneficios para los pobladores locales, así como la necesaria para la señalización, los servicios sanitarios y senderos interpretativos.

Sólo se podrá realizar el aprovechamiento de recursos naturales para la satisfacción de las necesidades básicas económicas y de autoconsumo de los pobladores, utilizando métodos tradicionales enfocados a la sustentabilidad.

Se deberá tender a la disminución del uso de agroquímicos, sustituyéndolos por materiales orgánicos a fin de mejorar las condiciones ambientales del suelo.

Sólo se permitirá la construcción de infraestructura turística de baja densidad, que: guarde armonía con el entorno natural de la Reserva; conserve la vegetación presente; utilice elementos naturales de la región; respete los valores culturales de la región y genere beneficios para la población local.

Se estimulara el desarrollo de instrumentos económicos directos e indirectos, con características cualitativas y cuantitativas para el pago de servicios ambientales, o de incentivos, a gobiernos estatales, empresas privadas, organizaciones sociales, a las comunidades locales y particulares, dando lugar a una postura más positiva frente a la existencia de áreas naturales protegidas en sus territorios.

El Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, desarrolla seis subprogramas, derivados del diagnóstico de la situación actual de los ecosistemas del área, de su biodiversidad y del análisis de la problemática y necesidades existentes, los subprogramas de conservación son: Protección, Manejo, Restauración, Conocimiento, Cultura, Gestión; los plazos para el cumplimiento de las acciones son: C: Corto plazo: entre uno y dos años, M. Mediano plazo: entre tres y cuatro años, L. Largo plazo: cinco o más años, P. Permanente: esfuerzo continuo.

Las actividades y acciones enmarcadas con rojo dentro de las tablas, son las que influyen directamente en el proyecto de investigación.

Subprograma desarrollo Comunitario y Asentamientos Humanos: La Reserva asentada sobre el territorio de ocho municipios, con 399 localidades, ejerce una gran presión e impacto sobre los recursos naturales. La falta de planeación de los asentamientos humanos, la escasa regulación y control de las construcciones, la dificultad de accesos y comunicaciones, así como la inadecuada disposición de desechos y falta de servicios básicos empeoran esta situación. Respecto a este punto el Plan de Manejo de la Reserva, pretende contribuir a la planeación y regulación de los asentamientos humanos en la Reserva, a través de la colaboración con las diferentes instancias de gobierno responsables, en la elaboración e implementación de estos instrumentos del ordenamiento territorial, con esto se espera contar con un programa de desarrollo, planeación urbana y comunitario dentro de la Reserva. (Ver Tabla 1)

Actividades* y acciones	Plazo
<i>Contribuyendo al ordenamiento de los desarrollos urbanos</i>	
Colaborar con el gobierno municipal en los planes de desarrollo urbano	P
Colaborar con el gobierno estatal y federal en los planes de ordenamiento regional	P
<i>Promover mejoras en las viviendas y en las zonas urbanas, con carácter de sustentabilidad</i>	<i>P</i>

Tabla 1

Subprograma, Actividades Productivas Alternativas Tradicionales: Las actividades productivas de la Reserva han ocasionado pérdida y fragmentación de hábitats principalmente en las zonas bajas, se tienen problemas de erosión, asolvamiento y contaminación de cuerpos de agua. Es necesario impulsar proyectos alternativos que disminuyan la presión sobre los ecosistemas y ofrezcan mejores opciones a los productores. A través de implementar alternativas productivas que impulsen el desarrollo en la Reserva, promover programas de capacitación para incrementar la actividad artesanal como una alternativa productiva para el beneficio económico familiar y el desarrollo comunitario, lograr

el manejo sostenible de los recursos presentes por parte de la población local de la Reserva, promover y fortalecer el uso de tecnologías para la conservación de suelos a través de proyectos comunitarios. (Ver tabla 2)

Actividades* y acciones	Plazo
<i>Generando actividades productivas alternativas:</i>	
Identificar las especies de flora y fauna susceptibles de ser aprovechadas por la población local	M
Impulsar y fomentar la realización de diagnósticos sobre la productividad pecuaria, pesquera, agraria y forestal en la Reserva.	M
Promover y ejecutar proyectos productivos alternativos a las actividades ganaderas y agrícolas, como agroforestería y cultivo de palma e ixtle.	P
Impulsar y fomentar la realización de estudios sobre alternativas productivas de manejo integrado de sistemas.	P
Elaborar estudios sobre especies forestales alternativas para el establecimiento de plantaciones.	P
Promover la realización de evaluaciones de plantaciones forestales establecidas en la Reserva.	P
Impulsar y fomentar la realización de estudios sobre cultivos con bajos insumos externos.	M
Gestionar y apoyar en la asesoría para la innovación de diseños e investigación sobre especies alternativas y uso eficiente de madera, para la fabricación de artesanías y carpintería.	M
Impulsar y fomentar la realización de estudios de mercado para productos generados en la Reserva.	M
Evaluar cada una de las propuestas de actividades alternativas, con el apoyo de especialistas.	M
<i>Estimulando emprendimientos productivos alternativos locales:</i>	
Promover el desarrollo de mercados para productos alternativos.	C
Promover el ordenamiento territorial comunitario y municipal.	C
Implementar un sistema de monitoreo de las actividades productivas y de uso del suelo.	C
<i>Formulando alternativas de producción artesanal en coordinación con las comunidades locales:</i>	
Promover y desarrollar estudios de identificación de especies útiles para la fabricación de artesanías e integrarlas a un catálogo.	C
Elaborar un inventario de productos y productores artesanales de las comunidades ubicadas dentro de la Reserva.	C
Elaborar un programa de producción de materia prima para la elaboración de artesanías.	M
Apoyar en el fortalecimiento de actividades establecidas de fabricación de artesanías con madera.	P
Impulsar microempresas familiares dedicadas a la producción de artesanías, donde hombres y mujeres participen equitativamente en el trabajo y en los beneficios derivados de la venta de éstas.	M
Vincular producción y venta de artesanías elaboradas por las comunidades con los turistas.	C
Apoyar la comercialización de los productos artesanales.	C
Coadyuvar en la integración de un programa de capacitación para productores artesanales de la Reserva y gestionar recursos económicos para su operación.	P

* Las actividades se presentan en letra cursiva.

Tabla 2

Subprograma Manejo y Uso Sustentable de Ecosistemas Terrestres y Recursos Forestales: Los recursos forestales han sido explotados de manera ilegal y muchas veces destruidos para dejar espacios a la ganadería. En las últimas décadas se ha extraído madera de las selvas para la construcción de viviendas o para comercializarla y se intensificó la extracción de productos no maderables, así como de algunas especies de fauna, por lo que es necesario promover el uso sustentable de dichos recursos y evitar que se agoten. Por lo que se vuelve indispensable promover la diversificación productiva en la Reserva mediante el manejo forestal y de vida silvestre, bajo esquemas de conservación y desarrollo sustentable, estableciendo para este fin plantaciones forestales con diversos usos, a través de participación de la sociedad regional y de los diversos sectores involucrados en el manejo de los recursos naturales, y aprovechando de manera sustentable los productos no maderables presentes en la zona de amortiguamiento de la Reserva, promoviendo su manejo forestal para generar nuevas oportunidades de ingreso bajo el modelo sustentable, con lo cual se espera: establecer una parcela demostrativa de plantaciones forestales con diversos fines, integrar o actualizar un catálogo de especies forestales nativas útiles para incorporarlas a proyectos de reproducción en viveros, integrar un programa de capacitación sobre producción forestal, manejo de viveros, reforestación, mantenimiento y establecimiento de plantaciones en la Reserva. (Ver Tabla 3)

Actividades* y acciones	Plazo
<i>Aprovechamiento de manera sustentable las especies forestales maderables y no maderables</i>	
Promover la evaluación del potencial de la producción no maderable en la Reserva	M
Integrar y actualizar los inventarios sobre la producción no maderable y sobre especies forestales nativas útiles	M
Gestionar y desarrollar proyectos para el establecimiento de plantaciones forestales con fines comerciales	M
Elaborar y gestionar proyectos para el establecimiento de plantaciones agroforestales de leña y para la restauración de áreas	M
Fomentar el establecimiento de plantaciones forestales de producción de leña para el enriquecimiento de acahuales con especies maderables comerciales, privilegiando el uso de especies y variedades nativas	P
Apoyar los proyectos de aprovechamiento y cultivo de palma carabon, xtle y otros productos forestales no maderables	P
Fomentar el desarrollo de proyectos de reforestación en la zona de amortiguamiento de la Reserva	P
Promover la producción intensiva de plantaciones de xtle	P
Promover la producción en vivero de especies forestales nativas útiles	P
Promover la investigación para el establecimiento de tasas de aprovechamiento de especies de flora y fauna de ecosistemas forestales, usadas de manera tradicional o ritual por los pobladores locales	M
Promover la investigación para el establecimiento de tasas de máximo rendimiento económico sostenible de flora y fauna de ecosistemas forestales	M
Participar y apoyar en la integración de un programa de capacitación sobre aspectos de manejo y producción forestal, establecimiento de plantaciones, entre otros	P

Tabla 3

Subprograma Conservación de Agua y Suelos: Los ríos y lagunas de la Reserva presentan niveles de contaminación considerables por el uso de agroquímicos en las actividades productivas, así como por las descargas de aguas residuales, la contaminación proveniente del turismo, tiraderos de basura, arrastre de sedimentos entre otros, que han alterado de diversas maneras la calidad del agua, haciendo necesario un adecuado manejo de este recurso. Así mismo, las actividades productivas presentes, han originado elevados índices de erosión. Lo anterior hace indispensable la realización de actividades de conservación de agua y suelos, elementos clave en el uso y aprovechamiento de los recursos natural

A partir del mapa de uso del suelo elaborado por el Instituto de Ecología A.C. (Ver Figura 44), se determinó la siguiente reclasificación, que si bien no permite visualizar detalles importantes del uso del suelo, como las grandes superficies sembradas de maíz y los cultivos de tabaco, sí nos muestra las tendencias generales en el área de la Reserva; de ahí que se pueda afirmar que se sobreaprovechan unos pocos recursos, dejando indemnes una gran cantidad de ellos. Lo anterior, ha dado como resultado el desencadenamiento de diversos procesos de deterioro. Como consecuencia hay un empobrecimiento generalizado de la riqueza natural de la región, de los beneficios que ofrece y por ende de los habitantes que viven de ella.

Subsistema Capacitación para Comunidades y Usuarios: Todo proceso de fortalecimiento de capacidades locales implica acciones de educación y capacitación, en las que se combinen el conocimiento tradicional, el respeto a la cultura y medio ambiente (ecosistemas y recursos naturales), para alcanzar los objetivos de conservación y manejo del A.N.P..En la Reserva se requiere de la realización de este tipo de acciones, estableciendo programas de capacitación continua para la población local del área, ya que al contar con recursos humanos capacitados se podrán apoyar las acciones de protección y manejo de la Reserva. (Ver Tabla 4)

Actividades* y acciones	Plazo
<i>Programa de capacitación continua de la población en la Reserva</i>	
Impartir capacitación a diferentes grupos, en temas de su interés (inspección y vigilancia, prevención, control y combate de incendios forestales, manejo y protección de recursos naturales, educación e interpretación ambiental, actividades ecoturísticas, de restauración y recuperación, ecotecnologías, manejo de solares entre otros)	P
Integrar un listado de capacitadores en diversos temas	C
Integrar y gestionar proyectos de capacitación ante diferentes instancias para operar en el área	P
Producir y apoyar la generación de materiales de apoyo para capacitación	P

Tabla 4

Figura 40, Mapa de los Limites de la Reserva, tomado del Plan de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas.

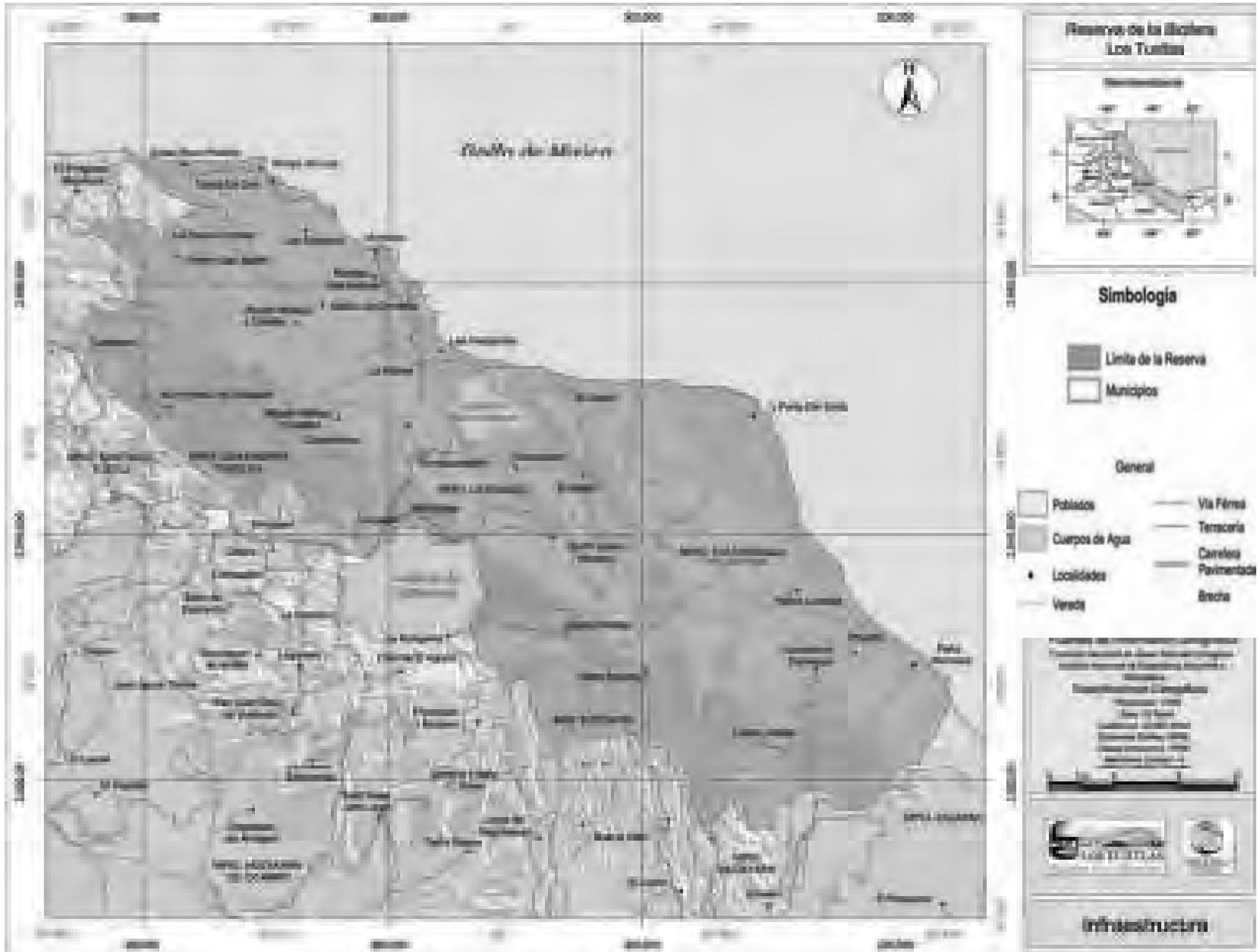


Figura 41, Mapa de las Zonas Núcleo y Subzonas, tomado del Plan de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas.

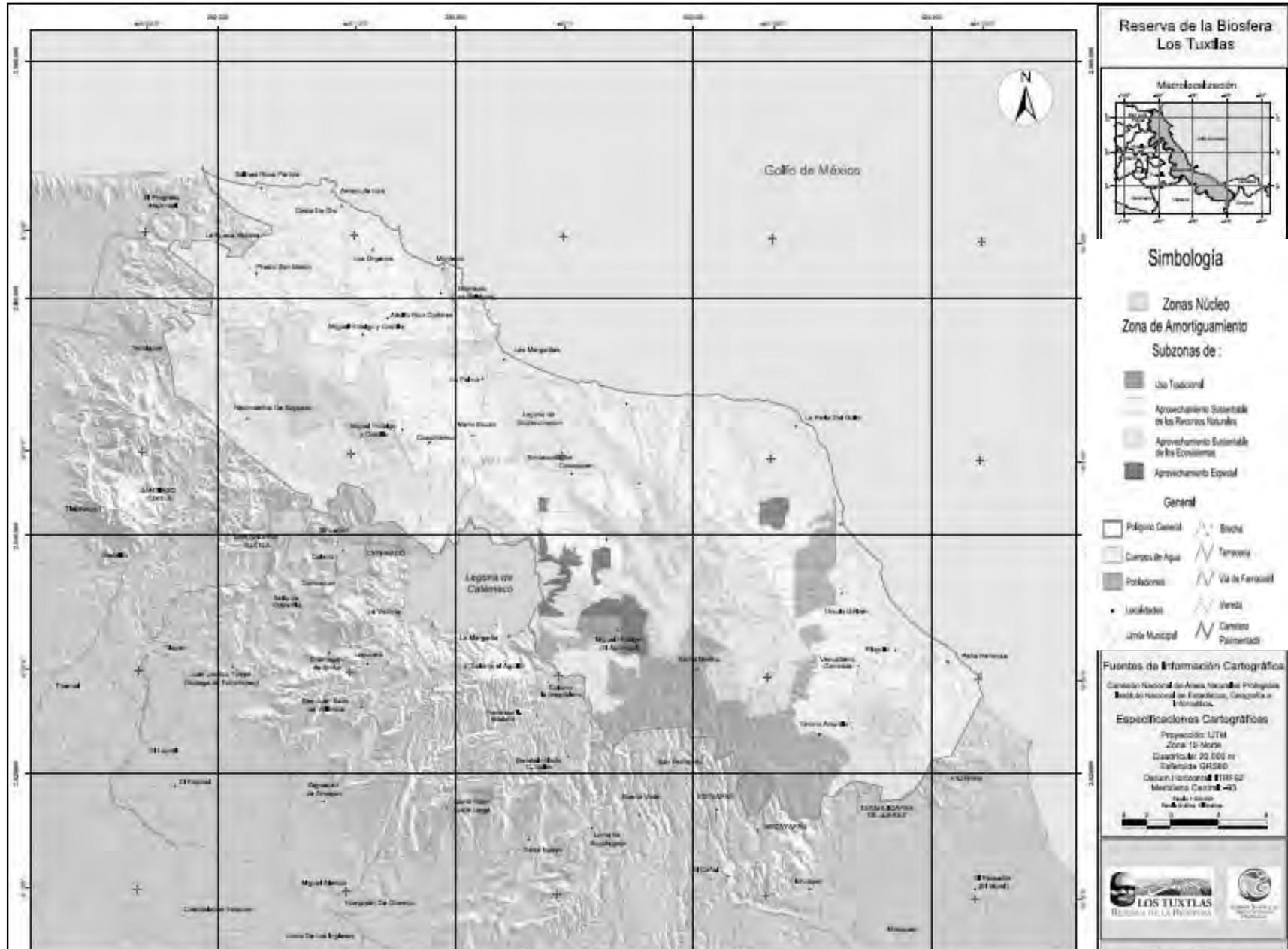


Figura 42, Mapa de Zonas Núcleo y de Amortiguamiento, tomado del Plan de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas.

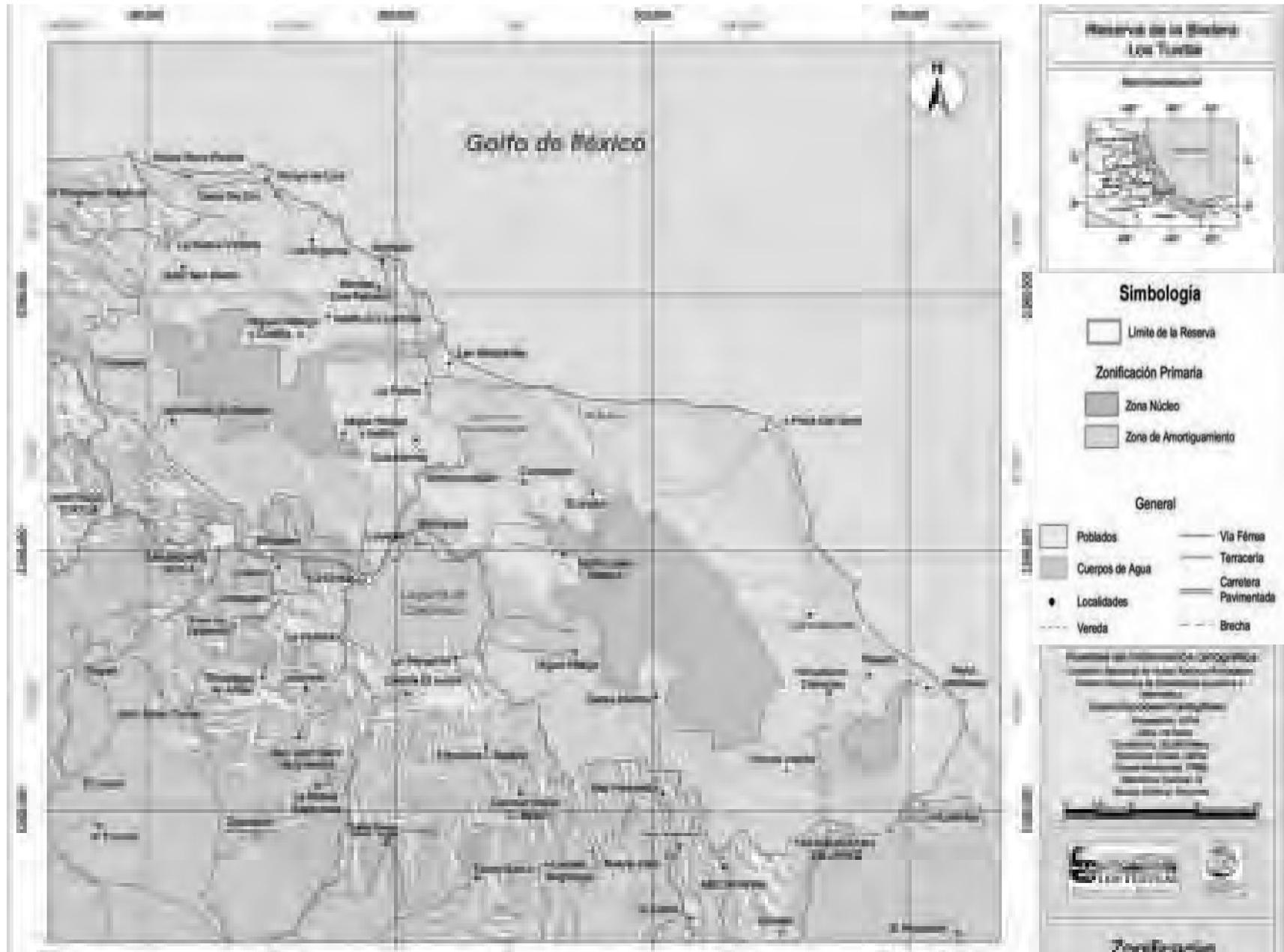
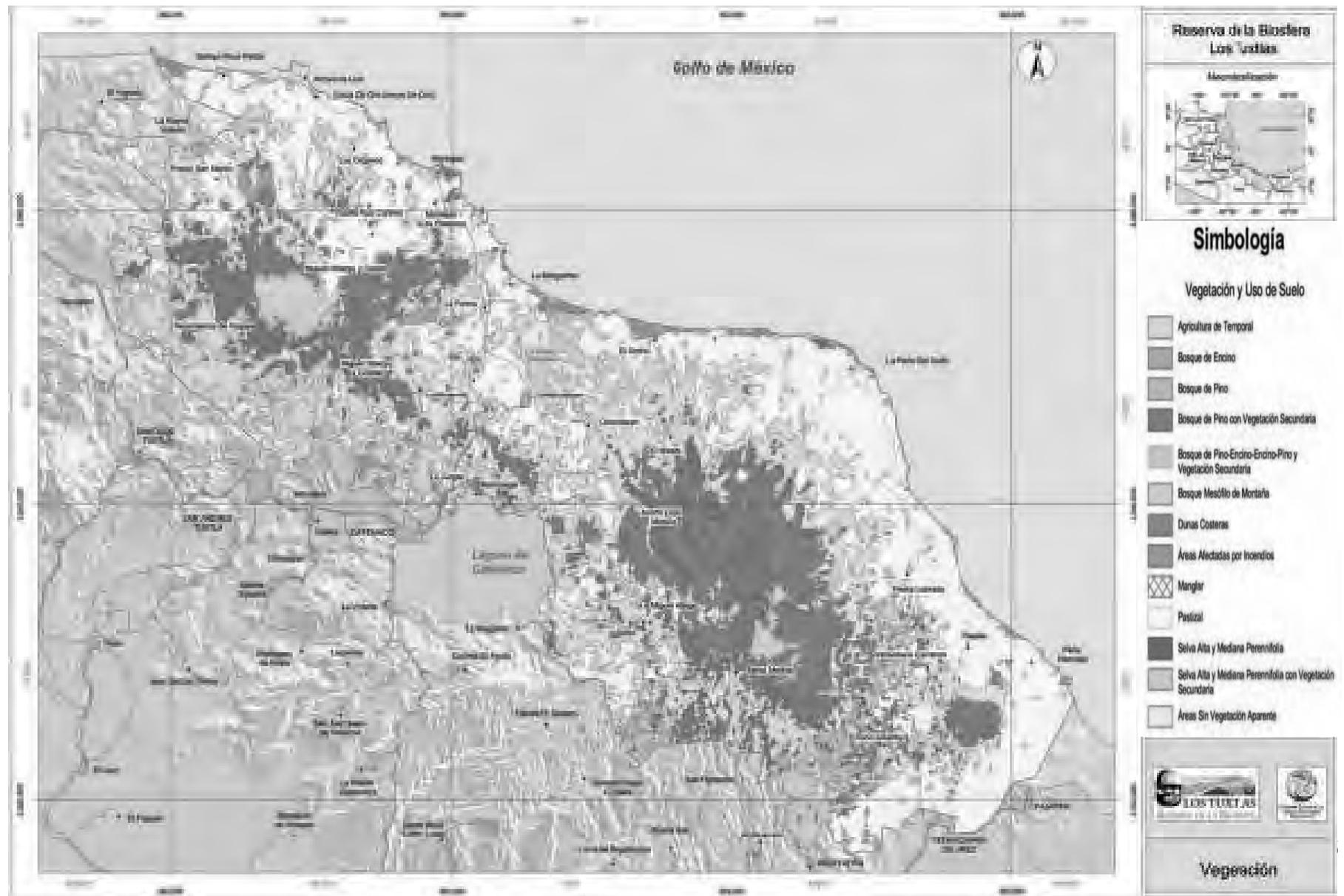


Figura 43, Mapa de Vegetación y Uso de Suelo, tomado del Plan de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de los Tuxtlas.



Todos los datos recopilados en este capítulo, proporcionan valiosa información que ayuda a delimitar lo que puede o no realizarse en el proyecto de investigación, y a entender las necesidades y problemática de la población.

Se aprecia que Sontecomapan es una pequeña comunidad campesina, que necesita viviendas económicas y opciones viables de desarrollo social y económico.

En el caso de los datos climatológicos, se observa que la temperatura promedio, la cantidad de precipitación pluvial, y la fertilidad del suelo, son plenamente compatibles para el óptimo desarrollo del bambú.

También se aprecia que la precipitación pluvial es suficiente para aprovecharla y almacenarla, lo cual justifica la aplicación de captación de agua pluvial en el proyecto.

Dentro del Contexto Histórico, observamos que las construcciones con bambú a nivel mundial se han dado con éxito desde los tiempos prehistóricos hasta la actualidad, lo cual acredita su uso como material de construcción. A nivel nacional y regional también se tienen ejemplos de construcciones con bambú, lo que demuestra que México cuenta con la cultura del bambú, y bambusales suficientes para poder ocupar este recurso como materia prima.

El bambú se encuentra entre los recursos que más eficazmente podrían contribuir a la rehabilitación y desarrollo regional de las zonas de bosques tropicales y subtropicales del país, debido sus características orgánicas y comportamiento biológico, es fácil de cultivar y obtener de él un alto rendimiento a bajo costo, al tiempo que ofrece un sinnúmero de posibilidades de uso, ya sea como materia prima para la producción de otros materiales y mercancías, o bien como material de construcción, ofreciendo de esta manera grandes beneficios medioambientales y económicos.

En cuanto a las legislaciones que intervienen en el proyecto, es obligatorio tener las referencias del Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010, y del Programa de Conservación y Manejo de la Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, ya que ahí se conforman las bases sociales, económicas, y ambientales, que rigen a la comunidad de Sontecomapan, lo cual permite aterrizar el proyecto dentro de este contexto, apegándose a sus restricciones.

CAPÍTULO 2

B A M B Ú



- 2.1- Generalidades
- 2.2- Clasificación
- 2.3- Distribución geográfica del bambú en México
- 2.4- Por que las especies Guadua Aculeata y Otatea
- 2.5- Partes que componen el bambú
- 2.6- Cultivo
- 2.7- Silvicultura
- 2.8- Tratamientos de conservación
- 2.9- Propiedades físicas y mecánicas
- 2.10- El bambú como material de Construcción
- 2.11- Sistemas constructivos
- 2.12- Propuesta de sistema constructivo del proyecto
- 2.13- Beneficios medioambientales
- 2.14- Beneficios económicos
- 2.15- Red de trabajo

2.1 generalidades

Sin duda alguna, no ha existido en la naturaleza una planta que haya sido más intensa y extensamente utilizada como el bambú en el transcurso de los siglos, como: alimento, vestido, vivienda, mobiliario, infinidad de objetos de uso doméstico, instrumentos musicales, etc.

Por otra parte, los gigantescos puentes colgantes con cables de bambú construidos en el Himalaya y entre China y el Tibet fueron el origen de los grandes puentes y cubiertas colgantes que hoy se construyen con cables de acero.

En los últimos años con ayuda de la moderna tecnología, se han revivido muchos de los antiguos usos que se le dieron al bambú, a la vez que se han encontrado nuevas aplicaciones en medicina, farmacia, química y en otros campos industriales.

En Indonesia y China muchos de los acueductos rurales son construidos con tuberías de bambú, que también se utilizan en la construcción de pozos profundos. Los chinos fueron los primeros en utilizar el bambú en la fabricación de papel, en la actualidad un 70% del papel producido en la India es obtenido del bambú, donde también se utiliza en la fabricación de telas de rayón.

2.2 clasificación

Botánicamente el bambú está clasificado como *Bambuseae* una tribu de la extensa familia de las Gramíneas, de la cual también forman parte la caña, el maíz la cebada y el trigo entre otras. Por las características de su tallo, se le considera como una de las llamadas plantas leñosas, las que se clasifican en Gimnospermas y Angiospermas. Las Gimnospermas comprenden las coníferas o maderas blandas, Las Angiospermas se subdividen en: Monocotiledóneas: como son los bambúes y las palmas.

Dicotiledóneas: de hoja ancha y caduca, denominadas maderas duras.

Los bambúes se encuentran en forma silvestre en Asia, África, Australia y América, en áreas tropicales, subtropicales y en algunas zonas templadas como es el caso de Chile y Argentina. Son plantas muy antiguas (Mioceno), y extraordinariamente útiles, habiéndose descrito más de 1.500 usos y utilidades, muy válidas en el pasado y con muchas posibilidades en el futuro. Es un recurso renovable y sostenible, con gran capacidad de adaptación. (Ver Figura 44)

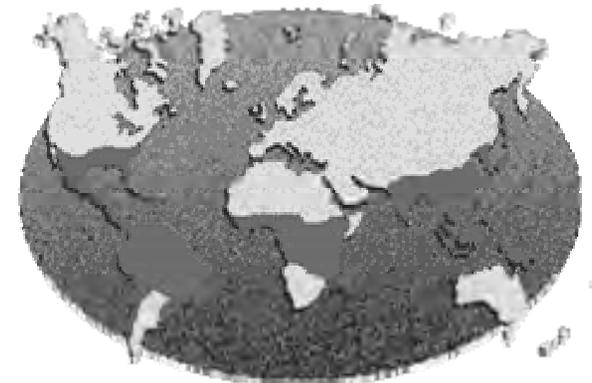


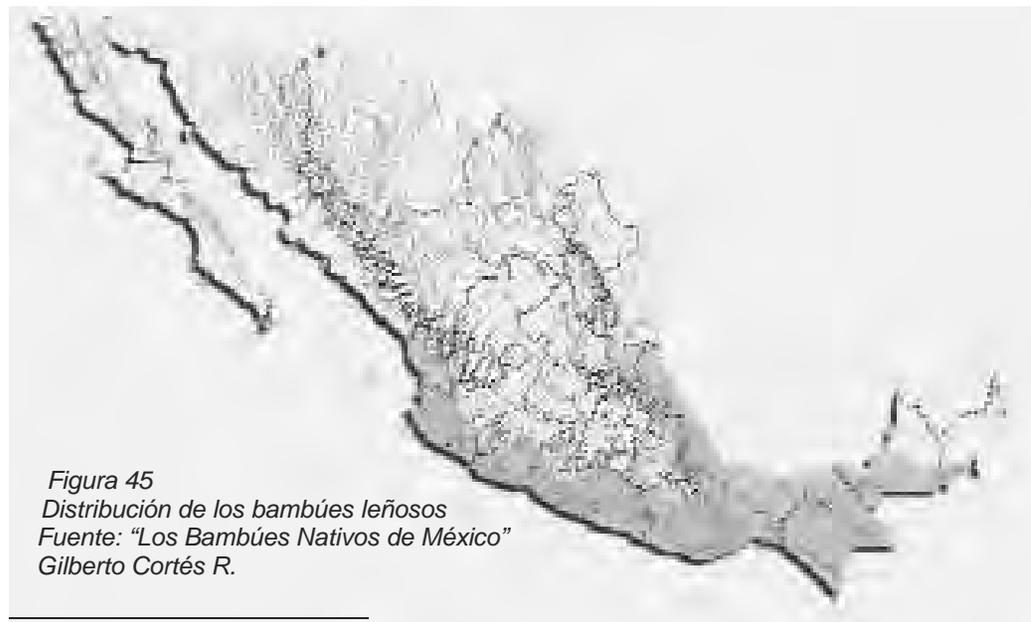
Figura 44, Distribución Natural del bambú, tomado de wikipedia

A pesar de que el bambú ha sido una planta conocida y empleada por el hombre desde tiempos prehistóricos, sus caracteres botánicos aún no se conocen completamente; la razón de esto es que los bambúes solo florecen a intervalos de de 30, 60, 90, y aún después de 100 años y las flores y los frutos son indispensables para la clasificación.

El bambú corresponde al grupo más diverso de las plantas que existen dentro de la familia de las gramíneas, la cual se caracteriza por presentar un tallo leñoso o culmo, ramaje complejo y un sistema de rizomas generalmente robusto, esta gramínea destaca por ser el vegetal que registra mayor velocidad de crecimiento, existiendo variedades capaces de brotar con diámetros que sobrepasan los 22 cm. y a las 8 semanas de haber brotado su altura sobrepasa los 20 mts. Actualmente se estima que existen 107 géneros y más de 1 300 especies de bambú en el mundo. En América se reconocen 42 géneros y 547 especies, solamente 140 de estas especies son utilizadas de forma industrial o artesanal, entre ellas se encuentran los bambúes del género leñosos al cual pertenecen las especies *Guadua Aculeata* y *Otatea Acuminata*, ampliamente utilizadas en la construcción.

Con el nombre de bambúes nativos son conocidas aquellas plantas pertenecientes a la subfamilia de las Bambusoideae perteneciente a su vez la gran familia de las Poaceae (Gramíneas) y que crecen de manera silvestre en un área geográfica determinada. Así, en este documento nos referiremos a los bambúes nativos específicamente de México, es decir aquellos bambúes que no han sido introducidos de otros países para cultivarlos o propagarlos.

2.3 distribución geográfica de las especies de bambú en México



Un análisis de México, por estado de la diversidad de especies de bambúes nativos, señalan a Chiapas como el estado de mayor importancia, aunque es Oaxaca el estado con el mayor número de especies interesantes desde el punto de vista de su endemismo y escasas poblaciones. En Veracruz si bien han sido realizados numerosos trabajos de campo, no deja de tener importancia la zona montañosa de los alrededores de Orizaba y Xalapa¹. (Ver Figura 45)

¹ Gilberto Cortés Rodríguez, Los Bambúes Nativos de México: su conservación y aprovechamiento, www.bambumex.org.mx

Desde el punto de vista espacial, las diferentes especies nativas de bambú se distribuyen en 23 Estados de la República Mexicana, pero la mitad de la riqueza de especies se concentra en sólo cuatro Estados: Chiapas (17%), Veracruz (14%), Oaxaca y Guerrero, con el 13% y 7% respectivamente.

De las 36 especies descritas de bambúes nativos de México, (Ver Tabla 5) destacan las especies que son consideradas endémicas, es decir aquellas especies que crecen únicamente dentro del territorio nacional, son especies de bambúes que en algunos casos sus poblaciones se encuentran en riesgo de desaparecer si no se toman acciones inmediatas para su conservación².

GENEROS Y ESPECIES DE BAMBUES NATIVOS DE MEXICO			
Aulonemia	A. clarkiae A. fulger * A. laxa *	Merostachys	M. alba pauciflora *
Arthrastylidium	A. excelsum	Sineca	S. recta * S. reflexa *
Eudusa	E. aculeata E. amplexifolia E. longifolia E. paniculata E. velutina **	Dactyloctenium	D. acuminata D. acuminata ssp. acuminata D. acuminata ssp. aztecorum D. fimbriata D. glauca **
Chusquea	C. aperta * C. bilimekii * C. circinata * C. coronata * C. foliosa * C. galeottiana * C. glauca * C. lanceolata * C. liebmannii * C. longifolia * C. muelleri * C. nelsonii * C. repens * C. repens ssp. repens C. repens ssp. veracruzensis C. perotensis * C. pittieri * C. simpliciflora C. sulcata	Rhipidocladum	R. reconiflorum R. bartlettii R. pittieri R. martinii * * Endémicos

Tabla 5, Bambúes Nativos de México

² Gilberto Cortés Rodríguez, Los Bambúes Nativos de México: su conservación y aprovechamiento, www.bambumex.org.mx

2.4 por que las especies *Guadua Aculeata* y *Otatea Acuminata*

El conocimiento del uso tradicional de las plantas se remonta hasta los orígenes de los primeros pueblos de Mesoamérica; aunque los bambúes destacan solo en algunas culturas específicas, los *Huastecos* y *Totonacas*, habitantes de los pueblos del norte de Veracruz y noreste de Puebla se identifican con la especie *Guadua aculeata* de la cual obtienen diversos utensilios y ha sido usada en construcción desde mucho antes de la conquista española.

Figura 46, *Guadua Aculeata* (tarro)



Distribución en México: Los Tuxtlas, Papantla, Vega de Alatorre, Huasteca en Veracruz. Región de Cuetzalan, y Puebla. (Ver Figura 46)

Descripción morfológica: Rizomas paquimorfos con los culmos de 20-25 cm de diámetro y 12-25 m de alto. Entrenudos de 22 a 30 cm de largo. Los entrenudos son huecos con paredes gruesas. Cúlmeas 18-30 cm sin aurículas, persistentes en la base de los culmos. Lámina y vaina de las cúlmeas unidas en el margen, con indumento café y manchas de pubescencia. 1 rama central y dominante y varias secundarias. Láminas de las hojas rameales de 5 - 20 cm de largo y hasta 3 cm de ancho. Inflorescencia formada por pseudoespiguillas de 9 cm de largo y formando grupos de hasta 12 por rama secundaria, estas a su vez formando inflorescencias en toda la planta³.

Características distintivas: El diámetro de sus entrenudos basales es de 25 cm, La presencia de espinas en todas las ramas. Pertenece a las especies leñosas de bambú.

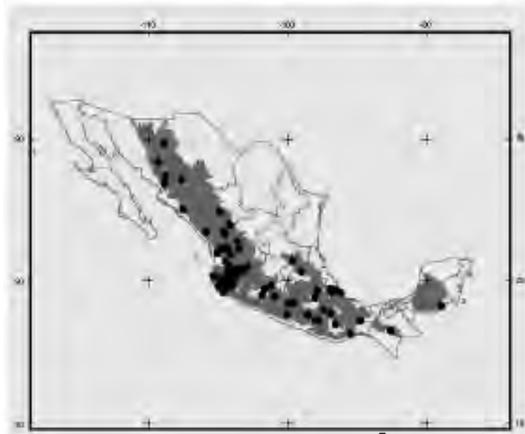
Información general: Esta especie se conoce como tarro, es el más frondoso de los bambúes nativos de México, sus fuertes rizomas producen culmos robustos con entrenudos relativamente cortos en la base. Es una de las especies más sobresalientes por sus características físicas y mecánicas como gran flexibilidad, capacidad de carga, y resistencia a la tensión, las cuales son necesarias en la construcción, tiene mucha resistencia al ataque de insectos, y gran diversidad de aplicaciones. Es y ha sido una de las especies más utilizadas en construcción de viviendas, los ganaderos y agricultores de la región Huasteca lo dejan en sus parcelas como sombra para el ganado, por sus fuertes espinas presentes en todos los nudos ha sido usado como cerca viva. En la región norte de Veracruz y Puebla, se utiliza para formar paredes y travesaños de casas.



Figura 47, bambusal de *Otatea Acuminata*

³ Fotografía tomada de www.bambumex.org.mx

Figura 48, *Otatea acuminata* (otate)



Localización geográfica⁵



Figura 49, Sembradío de *Otatea Acuminata*⁶

Distribución en México: Veracruz, Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Durango, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Querétaro, Puebla, Guerrero, Estado de México⁴. (Ver Figura 48)

Descripción morfológica: Rizomas paquimorfos con los culmos de 2 a 3 cm de diámetro y 7 m de alto, entrenudos de 20 a 23 cm. de largo. Cúlmeas persistentes, desintegramos poco a poco en su sitio. Hojas rameales con la vaina prominentemente nervada estriada.

Características distintivas: tiene 3 ramas dominantes saliendo de una sola yema de cada nudo, el ramaje se inicia en el séptimo u octavo nudo en un culmo maduro, sus hojas son delgadas y muy finas. Es frecuente la floración de esta especie, y en los lugares donde crece puede llegar a ser dominante. Pertenece a las especies leñosas de bambú.

Información general: es uno de los bambúes más comunes de México, existen registros gráficos en el código azteca *Matrícula de Tributos* que la destacan como un elemento importante en la construcción de viviendas; la amplia distribución de esta especie en los varios estados del país, la hacen ser un bambú fácilmente reconocible, resistente y fácil de trabajar, es utilizada por las comunidades como varillas para la construcción de casas debido a su resistencia.

El diseño estructural con bambú tiene muchas facetas y se tienen que tomar en cuenta las condiciones siguientes:

- Geometría y Crecimiento
- Propiedades Físico-Mecánicas
- Oferta del material vegetativo con la región
- Adaptación al diseño y a la sociedad

Debido a que la *Guadua Aculeata* y *Otatea Acuminata*, son nativas de México, se dan de manera natural en la Región de los Tuxtlas, y cumplen con los requisitos de diseño estructural con bambú, fueron elegidas para el desarrollo de este proyecto.

⁴ Gilberto Cortés Rodríguez, Los Bambúes Nativos de México: su conservación y aprovechamiento, www.bambumex.org.mx

⁵ Rodríguez Marín Rosa Marina, Determinación de la distribución potencial de las especies nativas e introducidas de bambú en México, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, Colegio de Geografía.

⁶ Fotografía tomada de www.bambumex.org.mx

2.5 partes que componen el bambú

DESCRIPCION	UTILIZACION
<p>COPA</p> <p>Parte apical del bambú con una longitud aproximada de 2 metros.</p>	<p>Se acumula en el suelo como aporte de materia orgánica.</p>
<p>VARILLON</p> <p>Sección de menor diámetro su longitud tiene aproximadamente 3 metros.</p>	<p>En la construcción se usa como correa de techos con tejas de barro o paja.</p>
<p>SOBREBASA</p> <p>Debido a su diámetro, permite un uso variado. Posee una longitud aproximada de 4 metros.</p>	<p>Se usa como elemento de soporte en estructuras de edificios de concreto en construcción, También se emplea como viguetas para formaleciar planchas.</p>
<p>BASAL</p> <p>Parte de mayor uso, debido a su diámetro intermedio es la sección más comercial, tiene una longitud de 8 metros Aproximadamente.</p>	<p>De esta sección se elabora la esterilla, la cual tiene múltiples usos: en construcción de paredes, casetones y formaletas de planchas. También se usa como vigas y columnas en construcciones de bambú.</p>
<p>CEPA</p> <p>Sección basal del culmo, de mayor diámetro, debido a sus entrenudos más cortos proporciona mayor resistencia, tiene una longitud aproximada de 3 metros.</p>	<p>Se usa como vigas Y columnas en construcciones de bambú.</p>
<p>RIZOMA</p> <p>Es un tallo subterráneo</p>	<p>En decoración y muebles.</p>

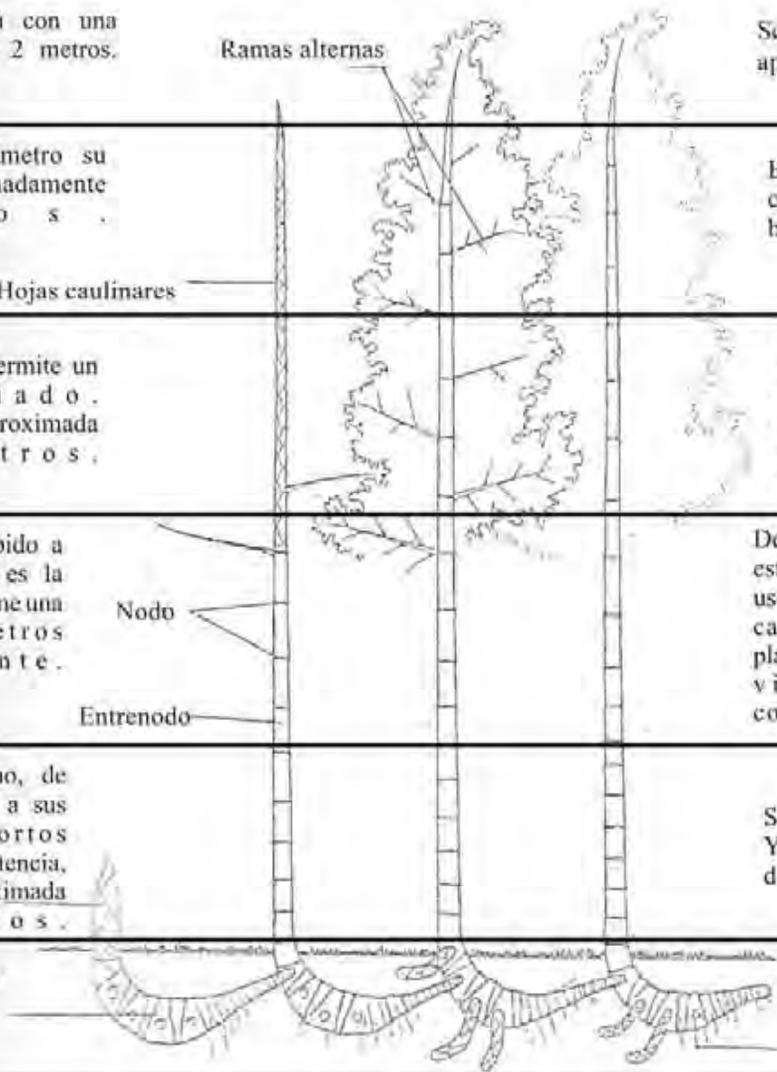
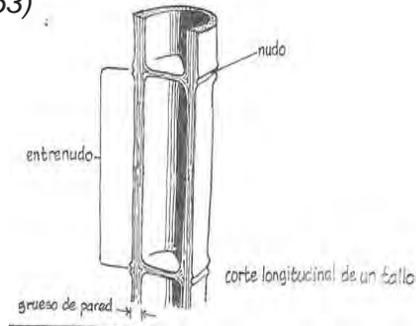


Figura 50, Partes que componen el bambú, tomado del libro de Oscar Hidalgo, *Bambú el Regalo de los Dioses*

Estructuralmente el bambú está constituido por un sistema de ejes vegetativos segmentados: rizomas, tallos y ramas, los cuales forman una serie de nudos y entrenudos alternados, que varían en su morfología según que correspondan al rizoma, al tallo o a las ramas, los entrenudos varían también de una especie a otra, particularmente en los tallos, facilitándose por este medio su clasificación. (Ver Figuras 50, 51, 52 y 53)



Tallo: El tallo y la orientación de sus fibras, permiten que el bambú tenga una gran resistencia a la compresión, la disposición de los nudos le confieren mucha estabilidad; lo cual hace que sea un excelente material de carga. (Ver Figura 51)

Figura 53, Corte transversal de bambú, tomado de Chávez C. 1985

Rizoma: El rizoma tiene una gran importancia, no solo como órgano en el cual se almacenan los nutrientes que luego distribuye a las diversas partes de la planta, sino como un elemento básico de propagación del bambú, la cual se efectúa asexualmente por ramificación de los rizomas. En 1966 McClure, clasificó los dos grupos principales de bambúes de acuerdo a la morfología de los rizomas en *paquimorfo*, correspondiente a simpodial; y en *leptomorfo*, correspondiente a monopodial.



Figura 52, Ramificación del rizoma Paquimorfo. De un rizoma pequeño se genera sucesivamente uno más grande hasta llegar a la dimensión propia de su especie. (Hidalgo, 2006)

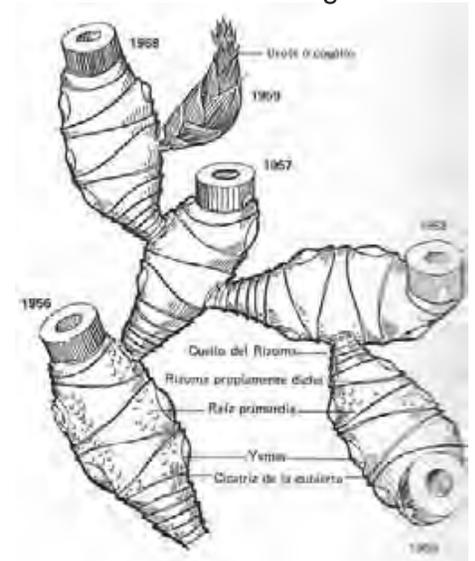


Figura 53, Sistema de rizoma Paquimorfo, visto en perspectiva, varios rizomas producidos en años sucesivos, se observan las yemas laterales, la raíz primordial y otros (Hidalgo, 2006)

La Guadua Aculeata y la Otatea Acuminata tienen rizoma paquimorfo.

Grupo paquimorfo: los bambúes de este grupo pertenecen en su mayoría a especies tropicales, tienen rizomas cortos y gruesos, con internodos asimétricos, más anchos que largos, sólidos, con raíces en su parte inferior., tienen yemas laterales, que se desarrollan en nuevos rizomas y subsecuentemente en nuevos tallos, estos nuevos rizomas crecen horizontalmente en cortas distancias y luego su ápice voltea hacia arriba formando un tallo, al año siguiente una de las yemas de este rizoma se activa, formando otro rizoma, el cual a su vez forma un tallo secundario. Este proceso continua de tal manera que los rizomas se desarrollan periféricamente formando una mata de tallos aglutinados.

Tallo: Los tallos de bambú se caracterizan por tener forma cilíndrica y entrenudos huecos, separados transversalmente por tabiques o nudos que le imparten mayor rigidez, flexibilidad y resistencia. Los tallos difieren según la especie, en altura diámetro y forma de crecimiento; en cuanto a la forma de desarrollo, la mayor parte de los bambúes tienen tallos que crecen erectos, pero unos pocos se extienden o tienen hábitos trepadores. en las especies del grupo Paquimorfo el tallo se origina en el ápice del rizoma.

Inicialmente el crecimiento del tallo es muy lento, pero luego gana gran velocidad hasta completar la altura máxima propia de su especie, posteriormente el tallo no crecerá más en altura, iniciándose luego el desarrollo el crecimiento de sus ramas y hojas. Terminada la formación de sus hojas, se inicia el período de maduración que por lo general alcanza su máximo grado entre los 3 y los 6 años, inicialmente el bambú es blando y muy poco resistente pero a medida que transcurre su período de madurez, estas propiedades van aumentando gradualmente hasta llegar a su límite máximo después de los 3 años.

Raíces: Dependiendo del suelo en que se encuentre, su grosor es de 5 mm. aproximadamente, alcanza profundidades de hasta 1.5 metros. Parte de ellas se profundizan, las demás se extienden de forma horizontal.

Ramas: A diferencia del tallo son macizas, en algunos casos se atrofian y son reemplazadas por espinas de 10 o 15 cm. sus ramas son muy especiales, crecen casi solitarias sin hojas.

Hojas: Son de color verde, generalmente tienen la punta muy similar a una lanza, las hojas aportan a su vez la biomasa (en un año 4 kilos por m²) transfiriendo nutrientes al suelo. Tiene otro tipo de hojas denominadas caulinares que son las que cubren el tallo desde su nacimiento hasta su madurez, son de color café provistas de pelusillas como sistema de defensa.

Semilla: Se asemeja a un grano de arroz (es una gramínea) de coloración blancuzca muy clara en su interior y con un café muy claro en su exterior, es de aproximadamente 5 y 8 milímetros de larga y 3 milímetros de espesor.

2.6 cultivo

El bambú adquiere su máximo desarrollo en menos de un año, después de haber brotado del suelo; terminado su desarrollo se inicia su maduración que en la mayoría de los bambúes alcanza su máximo grado entre los 3 y los 6 años. En el cultivo del bambú

como en cualquier otra planta existen factores de orden ecológico que es necesario tener presentes para el establecimiento exitoso de una plantación; estos son climáticos, edafológicos y aún selváticos.

Factores climáticos

Lluvias: el promedio mínimo de precipitación anual requerido, es el indicado por Deogun 762 mm. El promedio máximo no se conoce, pero según Huberman hay bambúes que se encuentran en zonas donde la precipitación es mayor de 6.350 mm. la variación más común es entre 1270 mm. y 4.050 mm.

Temperaturas: la mayoría de bambúes se desarrollan en temperaturas que varían entre los 9°C y los 36°C.

Humedad relativa: es un factor determinante en la distribución de las especies. Según Huberman⁷ los bambúes se encuentran en zonas de humedad relativa alta que varía del 80% hacia arriba.

Tipos de suelo: Los suelos que más favorecen su desarrollo son los areno-limosos, francos, franco arenosos, suelos fértiles aluviales, ricos en materia orgánica y derivados de cenizas volcánicas (presentan arcillas como alofana y caolinita). Usualmente el bambú prefiere suelos bien drenados pero también se encuentra en lechos cenagosos o húmedos; no se conoce de bambúes que se desarrollen en suelos salinos.

Plagas y enfermedades (insectos y hongos)⁸ datos tomados de Udea y Deogun.

Daños causados por insectos en plantas vivas

- La estigmita chinensis (Chrysomelidae) ataca sólo los tallos nuevos en crecimiento y como consecuencia los entrenudos se hacen cortos y algunas veces se tuercen; si el ataque es severo, los tallos se pierden.
- *Cyrtotrachelus longipes* (Curculionidae) es un gusano que ataca el ápice superior de los tallos nuevos y en la mayoría de los casos se los come, el crecimiento se desvía a nuevas ramas que salen de los nudos superiores.
- La larva de *Aprathea vulgaris* o *Melanotus cete*, ataca los nuevos tallos, dando como resultado tallos mal desarrollados, particularmente en cultivos.

Daños causados por insectos en bambúes cortados

- El *Dinoderus minutus* y el *D. pilifrons* (Bostrychiade)
- El *Bostrichus parallelus* (Bostrychiade)
- *Stromatium barabatum* (Cerambyciade)

Estos insectos atacan los tallos cortados, a excepción del *Dinoderus minutus* que también ataca los tallos enfermizos en la mata, la larva hace numerosas galerías y dejan los tallos inservibles.

7

8

Hongos: En 1955 el Comité de Ciencia y Tecnología de la Prefectura de Osaka, realizó una investigación sobre el ataque y prevención de los hongos en los productos del bambú. El informe respectivo dice que existen alrededor de 79 clases de hongos. Lo más importante para prevenir el ataque de los hongos en los productos del bambú, es que tengan un contenido de humedad inferior al 15%, o sea que la humedad relativa del aire que los rodea debe ser menor del 60%, por otro lado la temperatura ambiente debe ser menor de 20°C.

Aplicaciones del bambú de acuerdo a su edad en la mata

Los brotes de bambú de 20 a 30 días de edad se utilizan como alimento humano.

Las cañas que tengan entre 6 meses y 1 año de edad se emplean en la elaboración de canastos y otros tipos de tejidos.

Entre dos y tres años se utilizan en la elaboración de tableros y cables hechos con cintas de bambú.

Las cañas de 3 o más años se emplean en la construcción de todo tipo de estructuras y en fabricación de pulpa o papel.

Entre 4 y 8 años de edad, se emplean en productos que van a ser sometidos a desgaste, por ejemplo baldosas para pisos.

2.7 silvicultura

La práctica de la silvicultura del bambú es relativamente simple, se basa en los principios descritos en el Cultivo, aplicados al corte sistemático de tallos de diferentes o de determinadas edades, como a la regeneración de nuevos tallos que se producen anualmente de los rizomas, teniendo en cuenta para ello la especie y el tipo de aplicación que se le va a dar al bambú.

Generalmente en los países latinoamericanos existe gran desconocimiento sobre la silvicultura del bambú, debido a lo cual las plantaciones naturales han sido explotadas de forma antitécnica sin control alguno, por lo cual las especies nativas de estas especies tienden a extinguirse.

Para evitar que esto suceda se dan a continuación algunas normas para el corte apropiado del bambú, basadas en estudios experimentales realizados en la India con especies similares a las nuestras.

Distancia de la siembra: Cuando se trasladan las plantas del semillero a la zona de cultivo, o se van a sembrar directamente en ella, ya sea las semillas o las plántulas, la distancia recomendada para la siembra es de 3 a 4.50 metros, en distancias cuadradas, por ejemplo, de 3 x 3 metros o 4.50 x 4.50 metros, según el diámetro de los tallos de la especie que se cultive, no es conveniente sembrar a una distancia menor de 3 metros por la congestión que se forma al cabo de varios años, debido a la ramificación de los rizomas y a la existencia de un número cada vez mayor de tallos.

propagación del bambú: Por lo general los bambúes se propagan por semilla y por fracción vegetativa.

Propagación por semilla: este tipo de propagación es muy poco utilizado debido a la dificultad que existe para conseguir las semillas, que son obtenidas en el florecimiento esporádico del bambú que por lo general se presenta con muchos años de intervalo.

Propagación asexual o por fracción vegetativa:

Transplante directo.
Rizoma y parte del tallo.
Rizoma solo.
Segmentos del tallo.
Tallo con raíces y rizoma
Cepa con raíces y rizoma:

Transplante directo: se hace por medio del tallo completo con ramas, follaje y rizoma, es trasladado y sembrado.

Rizoma y parte del tallo: los propágulos deben separarse de tallos que tengan en lo posible un año de edad y nunca de más de dos años, siendo necesario que mantengan alguna porción del rizoma con una yema como mínimo.

Rizoma solo: el procedimiento más simple para obtener el rizoma, es tomarlo de la periferia de la mata, y sembrarlo.

Segmentos del tallo: se toma una sección completa del tallo de aproximadamente un metro de longitud, y de uno a dos años de edad que tengan uno o varios nudos con yemas o ramas.

Tallo con raíces y rizoma: se utilizan tallos jóvenes nacidos en el mismo año o el anterior; se dejan las ramas en varios nudos, removiéndose la parte superior del tallo..

Cepa con raíces y rizoma: el tallo no tiene ramas y se corta de una longitud de 30 cms. el procedimiento es igual al indicado en el método anterior.

Rizoma con raíces: los rizomas deben tener de 2 a 3 años de edad, con raíces deben tener de 50 a 60 cms. de longitud con 10 a 15 nudos.

Edad de corte Es muy importante determinar la edad del corte, no solo teniendo en cuenta su utilización, sino también su producción. Según Udea,⁹ si se cortan tallos demasiado jóvenes la nueva brotación será mayor, pero los tallos serán pequeños; por otra parte, si se cortan tallos demasiado viejos, los nuevos tallos serán largos pero reducidos en número.

Método para hacer el corte: El método para hacer el corte es tan importante como el ciclo del corte o el tratamiento que se da para el buen desarrollo de las matas, si no se tiene cuidado en el corte puede existir la destrucción o por lo menos la reducción del rendimiento de las siguientes matas, se sugieren los siguientes métodos para el corte.

- El corte debe efectuarse de manera que los nuevos tallos tengan suficiente soporte y no se inclinen o caigan.

- Tallos inmaduros deben cortarse solo cuando han sido atacados por insectos.
- Los tallos deben cortarse a un altura de 15 a 30 centímetros del nivel del suelo, después de un nudo, de tal forma que el agua no se deposite sobre el nudo y pudra el rizoma.
- Tallos y matas florecidas deben cortarse después de la caída de la semilla.

2.8 tratamientos de conservación

El bambú como la madera, una vez cortado se altera, se pudre, y finalmente se reduce a polvo, por la influencia de los agentes atmosféricos, los cambios de humedad y la acción de organismos vegetales o animales. Debido a esto, el bambú se conservará tanto más, cuanto se obtenga que todos estos elementos nocivos no se desarrollen y propaguen, y ello se logra sometiéndolo a un tratamiento de conservación desde el momento de ser cortado hasta su utilización final en construcción o artesanía; el cual consiste en la aplicación continuada de una serie de cuidados y tratamientos como son:

- Corte del tallo según su edad, lo cual determina la mayor o menor resistencia y dureza del bambú.
- Curado del bambú.
- Secado del bambú.
- Tratamiento con preservativos contra hongos e insectos.

Corte del bambú

Para cortar el bambú se utiliza un machete o una sierra, el corte debe hacerse en lo posible al ras y por encima del primer o segundo nodo, localizado sobre el nivel del suelo; es requisito no cortarla antes de los 3 años, y cortarlo en lo posible en invierno aprovechando que los insectos que lo atacan están en hibernación, no afectan los hijos y rebrotes que rodean el tallo seleccionado.

Ciclo del corte

En un bosque ya establecido es el periodo que hay entre dos aprovechamientos y se define por la velocidad de maduración de los tallos.

La densidad del bambusal, su composición estructural y regeneración natural, determinan la posibilidad (volumen de tallos) del ciclo de corte.

Como el tiempo de paso entre cada período vegetativo oscila entre un año, y año y medio, se puede deducir que el ciclo de corte debe ser anual o cada año y medio, aunque puede dividirse con el fin de ordenar las entresacas.

La intensidad de corte, o sea el porcentaje y clase de individuos a extraer está limitada por la madurez y la densidad de población del bambusal, que normalmente va de 3000 a 8000 bambúes por hectárea.

Idealmente deben existir la mayor cantidad de renuevos o rebrotes, más cañas jóvenes que maduras y ninguna seca.

El plan de manejo técnico del bambusal, debe encaminarse a estas condiciones para su buen funcionamiento y sustentabilidad.

Curado del bambú

Inmediatamente después de que los tallos de bambú se cortan de la mata, deben someterse a un tratamiento de curado con el fin de hacerlos menos propensos al ataque de insectos que son atraídos por los almidones o glucosas que tiene la savia del bambú, por lo

tanto la expulsión de la savia o la reducción del almidón, tiende a disminuir la posibilidad de ataque por los insectos xilofágos y ello puede hacerse mediante un curado apropiado, en este caso se usará el curado del bambú en la mata.



El curado del bambú en la mata

Después de cortado el tallo, se deja con ramas y hojas recostado lo más vertical posible contra los tallos no cortados, el tallo cortado se coloca sobre una piedra o soporte para aislarlo del suelo, en esta posición deben permanecer de 4 a 8 semanas, este sistema es el más recomendado pues los tallos conservan su color natural, no se rajan y no son atacados por hongos. (Ver Figura 54)

Figura 54 curado del bambú en la mata, tomada de [www.conbam](http://www.conbam.com), construir con bambú angustifolia, ciencia y técnica guadua.

Secado del bambú

Los tallos vivos de bambú como los árboles, contienen una cantidad considerable de humedad, la que se conoce comúnmente con el nombre de savia. Ella es la conductora de los alimentos de la planta obtenidos del suelo por medio de los rizomas y es indispensable en la etapa de crecimiento y en la vida del bambú. Cuando el bambú se va a utilizar en la construcción y va a estar expuesto a diversos factores físicos y climatológicos, debe someterse previamente a un secado, por las siguientes razones:

- El bambú se contrae por la pérdida de humedad y se dilata cuando esta aumenta.
- Para reducir al mínimo los cambios de dimensión del bambú se le debe secar, aproximándose al contenido de humedad que tendrá cuando este en uso, entre el 10 y el 15%.
- El secado disminuye el peso del bambú y por lo tanto su costo de transporte.
- Los organismos que ocasionan pudrición y manchas, normalmente no viven en el bambú cuando su contenido de humedad está por debajo del 15%.
- Las propiedades del bambú aumentan, cuando se secan a un contenido de humedad bajo. Uno de los objetos del secado es obtener un mejoramiento de sus propiedades mecánicas.

al encontrarse el sitio de estudio en una Reserva se empleara el secado al aire, ya que es el sencillo y amigable con el ambiente.

Secado al aire: se realiza colocando o apilando los tallos de bambú horizontalmente bajo cubierta, expuestos a una atmósfera secante pero protegidos del sol y de la lluvia, el contenido de humedad que conservan los tallos apilados después de un promedio de 2 meses de estar secándose al aire, depende del Contenido de Humedad en Equilibrio de la atmósfera, que varía de una región a otra.

Al ser un material orgánico, el bambú tiene cualidades higroscópicas, es decir, cede o absorbe humedad del medio ambiente a través de su superficie; en el caso específico del bambú esto sucede a través de los extremos abiertos, y de la pared interna en menor grado, hasta alcanzar un equilibrio en el cual cesa ese intercambio de humedad. Cuando esto ocurre, se dice que ha alcanzado su

Contenido de Humedad en Equilibrio (CHE). Este parámetro está en función de la temperatura, la humedad relativa del aire y de la especie de bambú, en cada localidad se tiene un CHE característico que varía de acuerdo con la época del año.

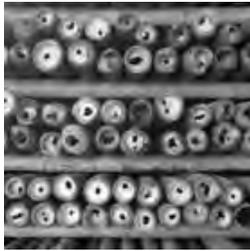


Figura 55, almacenamiento del bambú

Posterior al tratamiento o al curado, se dejan secar los tallos de bambú por algún tiempo, después de lo cual se cortan sus hojas y ramas, y se dejan secar dentro de un área cubierta bien ventilada.

Para evitar deformaciones, los tallos de bambú se almacenan de manera horizontal, protegiéndolos contra el sol, lluvia, humedad, etc. con un buen sistema de ventilación. (Ver Figura 55, [www.conbam](http://www.conbam.com), construir con bambú angustifolia, ciencia y técnica guadua.)

Es indispensable llevar el registro y estudio del bosque de bambú, información y conocimientos que permitan establecer un programa técnico de manejo que determine el ciclo de corte y la intensidad del mismo; definiendo la cantidad y clase de individuos a extraer en cada ocasión. Todo esto con la finalidad de conseguir el equilibrio en el bambusal y en el ambiente, y que a través de esto, se obtengan ingresos según el manejo sostenible del recurso.

Es necesario llevar un buen control del material almacenado, estableciendo para esto un código de colores que indiquen los datos particulares de cada pieza de bambú, por ejemplo, con color rojo se marcaran las piezas pertenecientes a la parte basal de la guadua aculeata de 4 años de edad, lo cual nos indica que esta pieza es apta para usarse como columna, debido a su grosor, capacidad de carga y resistencia. El establecer un código de colores, es de gran importancia ya que permite garantizar la calidad de las piezas, y saber que el uso al que están destinadas es el adecuado.

Tratamiento antiinflamable: debido al alto grado de ácido silícico de la corteza y a su alta densidad, se clasifica al bambú en DIN 4102 (norma industria alemana) como un material poco inflamable. La susceptibilidad al fuego depende en particular de las posiciones de las unidades de la construcción, las dispuestas en horizontal son menos susceptibles que las unidades verticales o diagonales. Con un palo de bambú horizontal las llamas se extienden como anillo al nudo siguiente. Allí el fuego se apaga, ya que la llama no puede conseguir el nudo ni el diafragma al próximo entrenudo. Si el entrenudo estalla en grietas transversales o longitudinales, el oxígeno entrante contribuye con la combustión, con las grietas transversales se reduce la capacidad de carga. Si uno llena un palo de bambú con agua y se coloca fuego debajo de ella, esta puede llegar a hervir, debido a que el palo de bambú puede resistir temperaturas de 400°C.¹⁰

Vida útil:

Para incrementarla bajo cualquier ambiente, es recomendable usar los métodos de conservación antes mencionados; se sugiere usar cañas de bambú maduro (más de tres años de edad). Bajo condiciones normales, la vida útil del bambú es de 1 a 3 años en

¹⁰ [www.conbam](http://www.conbam.com), construir con bambú angustifolia, ciencia y técnica guadua.

contacto con el suelo; en interiores se incrementa su vida útil hasta 4-7 años y en zonas rurales se ha encontrado que para el bambú usado en cocinas expuesto al humo y otras substancias la vida útil llega a ser de 10 a 15 años.

El recurso:

El bambú es un recurso natural renovable que cultivado en forma sistemática, con una tecnología simple y de bajo costo, llega a conformar en un tiempo relativamente breve plantaciones forestales perennes, sujetas a pocos riesgos y cuya producción puede colectarse y habilitarse con facilidad y sin grandes gastos para colocarla en el mercado.

Su composición orgánica y estructura morfológica, así como la calidad leñosa de sus tejidos, confieren al bambú capacidades que lo sitúan entre las especies forestales más útiles y de mayor rendimiento comercial, capaz de suplir a la madera arbórea eficazmente en varias aplicaciones.

Las características que ubican favorablemente al bambú frente a otras especies forestales son:

- Se reproduce y prospera fácilmente con un mínimo de cuidados y a bajo costo.
- La rapidez de su crecimiento supera a la de cualquier otra planta.
- Las plantaciones de bambú son perennes, si se les trabaja adecuadamente, ya que los tallos se reproducen repetidas veces a partir del mismo rizoma durante decenas de años.
- Es un material con altos Índices de resistencia mecánica y al mismo tiempo muy ligero y fácilmente manipulable.
- Los costos de arrastre y almacenamiento son bajos, muy inferiores en comparación a los de troncos de árbol.
- Las instalaciones, herramientas y equipos necesarios para su manejo y procesamiento son sencillos y de bajo costo.
- La transportación del material en el campo puede hacerse con vehículos ligeros, incluso manuales.

2.9 propiedades físicas y mecánicas del Bambú

Por datos consultados en diversas fuentes, se sabe que el bambú es un material resistente y sus cualidades están muy por encima de los de la madera, con la gran ventaja que la edad de explotación de esa gramínea viene siendo aproximadamente la quinta parte del tiempo de los productos maderables.

Las pruebas físicas y mecánicas del bambú, se hicieron en bambúes de la especie *Guadua Aculeata* encontrados en el sitio de estudio, para conocer los valores de compresión, flexión, y tensión, y analizar los mecanismos de falla para proponer mejoras que contribuyan al comportamiento óptimo de las conexiones en su interacción estructural y su vinculación con los materiales de apoyo tradicionales, con el objeto de comprobar la eficiencia del bambú en la construcción y lograr la creatividad espacial y de diseño arquitectónico que requieren los espacios que conforman el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú. *(Para analizar el procedimiento completo de las pruebas, consultar los anexos).*

TABLAS COMPARATIVAS DEL BAMBÚ RESPECTO A OTROS MATERIALES (Tablas 6 y 7)

Tabla 6

Propiedades mecánicas de diferentes materiales estructurales y del bambú.

Material	Compresión Kg/cm ²	Flexión Kg/cm ²	Tensión Kg/cm ²
Concreto	250	250	250
Acero A-36	2 530	2 530	2 530
Madera	80	80	80
Bambú	778	1631	1659

Tabla 7

Propiedades de diseño de diferentes materiales estructurales y del bambú.

MATERIAL	RESISTENCIA DE DISEÑO (R) (KG/CM ²)	MASA POR VOLUMEN (M) (KG/M ³)	RELACION DE RESISTENCIA (R/M)	MODULO DE ELASTICIDAD (E) (KG/CM ²)	RELACION DE RIGIDEZ (E/M)
Concreto	82	2 400	0.032	127 400	53
Acero	1 630	7 800	0.209	2 140 000	274
Madera	76	600	0.127	112 000	187
Bambú	102	600	0.170	203 900	340

Tornado de: <http://www.ingersoll-rand.com/compar/apr-may97/bamb-4.htm>

Revisando los valores de resistencia presentados en las tablas, se observa que el bambú tiene propiedades mecánicas muy altas con relación a la madera y aún con el concreto. Esto le da un potencial estructural excelente que poco se explota en el mundo, excepto por algunos países que tienen larga tradición en su uso como son India, Malasia, China, y apenas hace pocos años en el continente americano: en Colombia y Costa Rica se han iniciado estudios de gran alcance para utilizar sus recursos de bambú para satisfacer necesidades de vivienda así como de estructuras para otros fines.

2.10 el bambú como material de construcción

Por sus extraordinarias cualidades físicas, su forma y liviandad, el bambú ha sido el material de construcción de uso más diversificado que haya existido. Por su bajo costo y fácil disponibilidad, ha sido utilizado particularmente por la gente de bajos recursos económicos, tanto de Latinoamérica como de algunos países asiáticos, que no solo lo emplean en todo tipo de construcción sino también en la elaboración de muebles y de infinidad de artículos de uso doméstico, por lo cual se llama "la madera de los pobres".

Hasta el presente, el empleo del bambú en la construcción se ha hecho en forma empírica, basada generalmente en los sistemas tradicionales empleados en cada país. Por lo que sería ideal establecer una serie de normas técnicas basadas en estudios experimentales que se realizan sobre cada una de las especies de mayor uso en construcción, que permitan al igual que en la madera, su aplicación técnica, particularmente como elemento estructural.

El bambú puede constituir un recurso hasta ahora poco utilizado para la construcción alternativa de viviendas; de allí la necesidad del fomento de su siembra y explotación racional para obtener material que pueda usarse en la autoconstrucción, y para crear diversos productos como tejas, pisos, y muros prefabricados.

Características más destacadas del bambú para su uso en construcción:

- Esta dotado de extraordinarias características físicas y mecánicas que permiten confianza en su empleo.
- Puede utilizarse entera, partida en cintas, esterillada etc.
- Puede utilizarse para interiores y exteriores.

- Por su forma circular y hueca, se convierte en un material liviano, fácil de transportar y almacenar, permitiendo la construcción de estructuras rápidas, temporales y definitivas.
- En cada uno de sus nudos existe un tabique o pared transversal que además de hacerla más rígida y elástica evitan la ruptura precipitada.
- La distancia de los nudos y su elasticidad permiten que el bambú funcione muy bien en construcciones sismorresistentes.
- Se puede cortar con mucha facilidad, empleando herramientas sencillas y económicas.
- No tiene corteza ni partes que generen desperdicio.
- La superficie exterior es lisa de color atractivo, no requiere ser raspada o pulida, de manera que puede dejarse aparente.

2.11 sistemas constructivos del bambú

El bambú tiene fibras naturales muy fuertes que permiten desarrollar productos industrializados tales como paneles, aglomerados, y pisos, laminados, con el uso del bambú en los procesos industriales anteriormente mencionados, el impacto sobre los bosques nativos se reduciría porque el bambú pasa a ser un sustituto de la madera.

La industrialización de bambú, está ligada al concepto de *sostenibilidad* en la medida que dichos procesos pueden ser más sencillos, económicos y con productos muy competitivos.

En este proyecto los sistemas constructivos del bambú, se dividen en 8 grandes grupos, aunque no se construye con bambú, es necesario incluir dentro de estos grupos el proceso de cimentación.

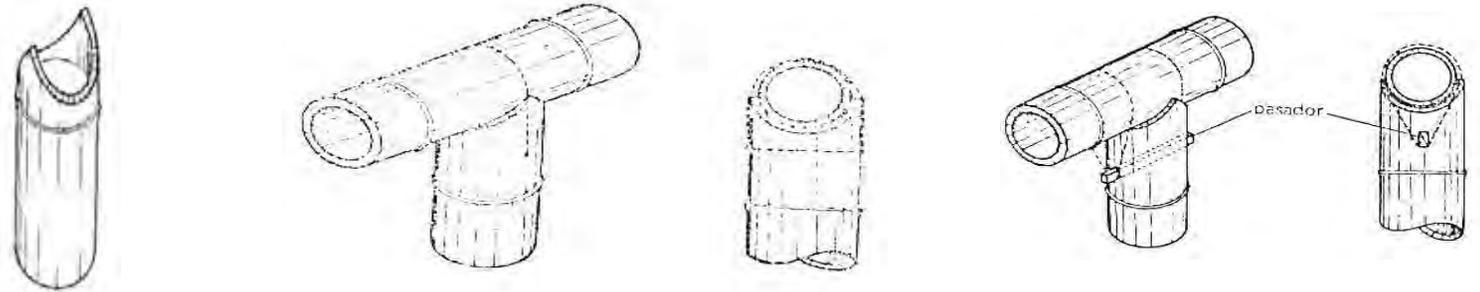
Cimentación:	concreto, piedra, y otros
Uniones y empalmes:	alambre, mecate, cortes especiales, pernos y tuercas, placas, varillas, cemento en sus nodos
Estructuras (trabes y columnas)	empotradas, reforzadas, articuladas.
Paneles o tableros	esterillas, cintillas, piezas completas.
Pisos:	esterilla, latas, laminados.
Muros:	bahareque, embutido, quincha.
Cubiertas	cónicas, regladas, un agua, dos aguas, cuatro aguas.
Instalaciones:	tuberías de bambú.

Cimentación: la cimentación para elementos de bambú es de suma importancia, ya que es necesario que dichos elementos no estén en contacto directo con el suelo, por que de lo contrario el bambú corre el riesgo de pudrirse, la cimentación puede ser de concreto, piedra, o cualquier otro elemento que aisle al bambú de la humedad del suelo y la lluvia.

Uniones y empalmes: Aunque existen diferentes tipos de uniones y empalmes, se muestran sólo algunas posibilidades que se estudiaron en el contexto de esta investigación antes de presentar la propia propuesta, las más comunes y antiguas son las llamadas bocas de pescado debido a la forma del corte que se hace en el bambú, las cuales sirven para hacer las uniones entre los soportes

verticales y horizontales, en las secciones a empalmar se pueden colocar pernos de bambú que sirven para amarrar las cuerdas y dar mayor soporte a los empalmes. (Ver Figura 56)

Figura 56, Uniones con boca de pescado, Hidalgo, 2003



Cuando se colocan en los extremos de los soportes pasadores hechos con bambú, estos reciben los amarres de las estructuras horizontales, esto para que los soportes tengan un mejor ensamble, con estas uniones se pueden aprovechar los sobrantes de los recortes, son económicas, y fáciles de hacer, sin embargo estos tipos de uniones no permiten aplicar grandes fuerzas

Una de las uniones más usadas es la unión tipo Simón Vélez, en donde los entrenudos del bambú se llenan con mortero y se colocan varillas de acero longitudinalmente o paralelamente. Aunque esta unión está muy aceptada, en la práctica se puede anotar algunas desventajas. a) llenando el bambú con mortero se pierde la liviandad. b) El mortero y el bambú se comportan muy distinto con respecto a la humedad o la temperatura; puede ocurrir que el mortero se afloje al interior del bambú o que lo aplaste.

La empresa BAMBUTEC hizo ensayos de conectar el bambú centrándolo en piezas de madera perforada (Ver Fig. 57). El arquitecto alemán Christoph Tönges y la Universidad RHTW-Aachen (Alemania) recopilan una idea de C.H. Duff que propuso en 1941, un sistema que consiste en un elemento cónico al interior del bambú y un segundo elemento que sirve como cinta alrededor del bambú para que el primer elemento no salga a tracción, la cinta puede ser de acero (Ver Fig. 58) o de fibras de vidrio (Ver Fig. 59).



Fig.57 - unión con madera - BAMBUTEC



Fig.58 – unión cónica – C.Tönges



Fig.59 - unión con platina – C.Tönges

Otra técnica se aplicó por el arquitecto Renzo Piano quien hizo ensayos de formar uniones a base de platinas de acero soldadas (Ver Fig. 60), Simón Velez con la unión de concreto y pernos (Ver Fig. 61), los estudiantes colombianos, Juan Gutiérrez y Raúl Gómez ensayaron uniones a base de tornillos perpendiculares a la guadua (Ver Fig. 62)



Fig.60 - unión con platina – R.Piano



Fig.61 – unión con concreto - S. Vélez



Fig.62- unión con tornillos – Gutiérrez

Empalmes:

empalmes a tope: En cada una de las piezas se coloca un perno que atraviesa de manera transversal el bambú, alrededor de los pernos se amarra una cinta lográndose así el empalme de las piezas. (Ver Figura 63)

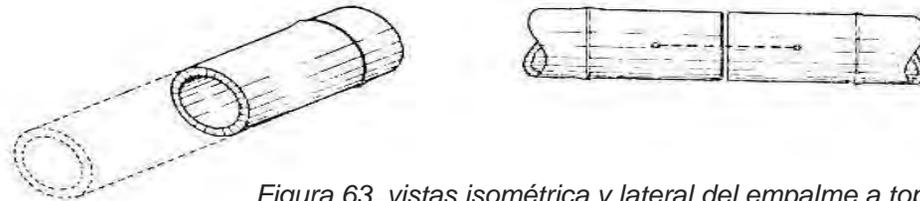


Figura 63, vistas isométrica y lateral del empalme a tope, Hidalgo, 2006

empalmes telescópicos: este tipo de empalmes se utiliza principalmente en acueductos,(Ver Figura 64)

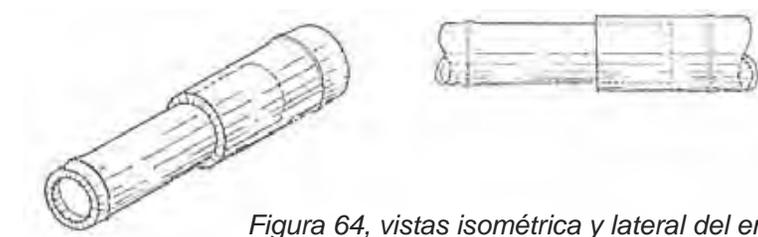


Figura 64, vistas isométrica y lateral del empalme a tope, Hidalgo, 2006

Figura 65
Columna empotrada



Figura 66
Columna reforzada



Estructuras (Columnas y Trabes)

Columna empotrada, o reforzada con cuatro o más postes

Por lo menos cuatro postes de una columna se pueden empotrar en la fundación, uniéndose las varillas de acero del concreto reforzado con los tornillos de los postes y llenando los espacios intermedios de los postes después con concreto. (Ver Figuras 65 y 66)

El resultado es una unión rígida a la flexión.

Figura 67
Columna empotrada con un poste



Figura 68
Encofrado con una botella



Se hace un murete de concreto del cual sobresale de manera centrada una varilla aprox. 50 cms, en esta varilla se inserta centrada la columna de bambú, posteriormente el bambú se perfora en el entrenodo que esta en contacto con la varilla, y se rellena de concreto. (Ver Figura 67)

Se hace un murete de concreto del cual sobresale una varilla, la cual se inserta en una botella de plástico que posteriormente se rellena de concreto, esta botella sirve para apoyar la columna de bambú, la cual se encofra en la botella con el diafragma perforado para insertarla en la varilla, una vez colocada la columna, se rellena de concreto el entrenudo en contacto con la varilla. (Ver Figura 68)

Unión de columna articulada: Se realiza el mismo procedimiento que para la columna empotrada en un poste, solo que en tres columnas, produciéndose una unión articulada. (Ver Figuras 69, 70, 71)

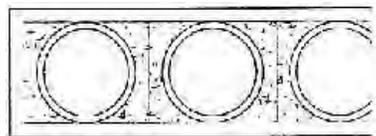


Figura 69, planta



Figura 70, alzado



Figura 71, perspectiva

trabes: existen diferentes métodos para unir trabes de bambú, por medio de cortes especiales, placas de acero con pernos, y rellenando los entrenodos con concreto atravesándolos con varillas (Ver Fig. 72, 73, y 74, tomadas de [www.conbam](http://www.conbam.com), construir con bambú angustifolia, ciencia y técnica guadua.)



Figura 72, unión de trabes mediante cortes "boca de pescado" y amarres

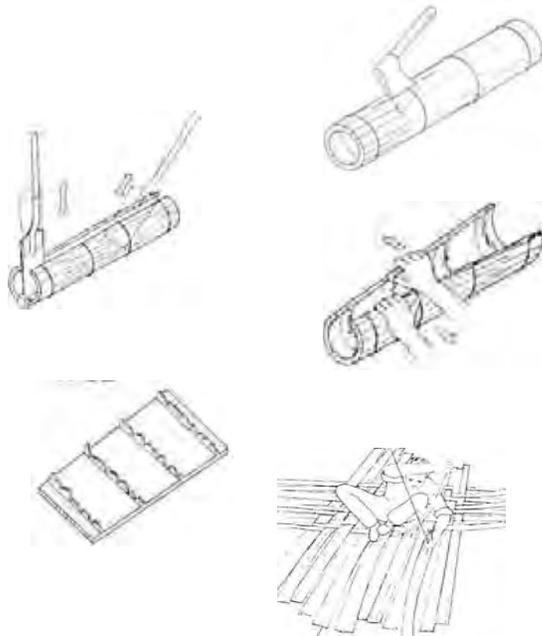


Figura 73, unión de trabes con placas de acero y pernos



Figura 74, unión de trabes y columnas con cortes "boca de pescado" y pernos

Tableros o esterillas: tienen una gran diversidad de aplicaciones en la vivienda, como construcción de pisos, paredes de bahareque, paredes tejidas, falsos plafones, como soporte de la teja de barro y como base para la aplicación de morteros.



elaboración de esterillas, (Ver Figura 75, imágenes tomadas de Hidalgo, 2006)

La sección de bambú se coloca en el suelo para poder trabajarla.

Con ayuda de una hachuela se hacen incisiones profundas alrededor de cada uno de los nudos y perpendiculares a ellos, con una separación entre uno y tres centímetros. Con ayuda de una pala se abre longitudinalmente por uno de los lados.

Rompiendo al mismo tiempo los tabiques interiores.

Finalmente se abre la esterilla con las manos, o parándose en sus bordes a la vez que se camina sobre ellos.

Una vez aplanada se remueve la parte interior o más blanda para evitar que sea atacada por insectos.

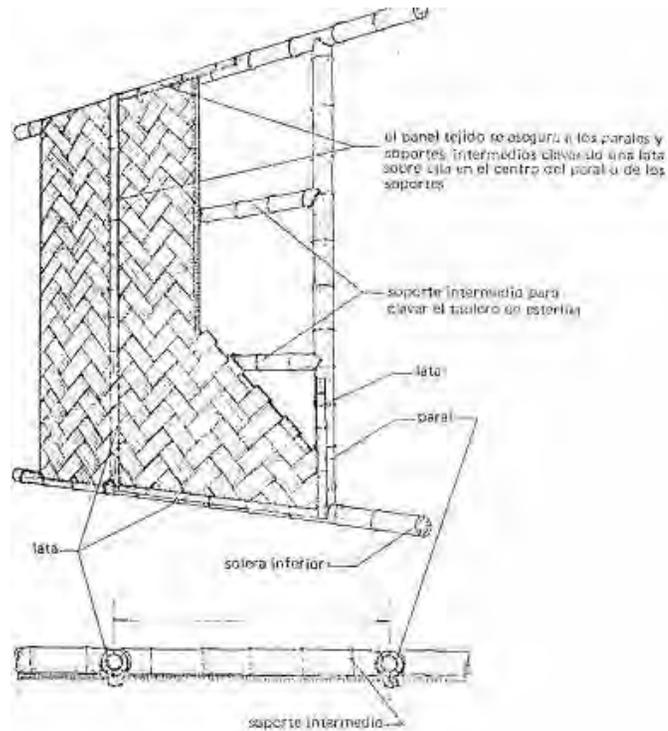
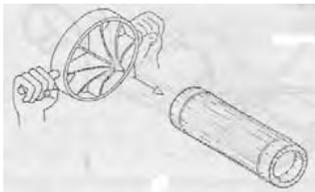


Figura 75 planta y alzado de panel de esterilla

elaboración de latas o cintas

Las secciones de bambú se dividen utilizando un cortador radial metálico compuesto por diversas cuchillas, el número de cuchillas depende del número de cintas que se desee obtener, este cortador es de fácil elaboración, por lo que los pobladores podrán elaborarlo.



Por el ajuste axial de la fibra en el tallo, esta se deja rajar rápidamente con una cuña, se corta el bambú de acuerdo con la longitud deseada, posterior a esto se coloca de manera horizontal sobre algún apoyo y se coloca el cortador radial, aplicando la fuerza necesaria para el corte. (Ver Figura 77, secuencia de imágenes tomadas de Hidalgo, 2006)

Los paneles de esterilla se hacen tejiendo fajas de esterillas de 15 a 20 centímetros de ancho.

La esterilla utilizada en la elaboración de paneles debe ser muy delgada y flexible.

Se tiene que hacer un ajuste del tejido con un machete y recortar los bordes.



Figura 76, casa con panel de esterilla, tomada de Villega M., 2001

En el sentido vertical se colocan soportes intermedios a cada 2 metros y en el sentido horizontal, se divide el claro en tres partes iguales para evitar que se flexione el muro.

Pisos:

Piso de esterilla: Una vez elaborados los paneles de esterilla, y establecido el nivel de piso terminado, se hace el relleno de tierra que sea necesario y se apisona, en la última capa se distribuye la arcilla y se nivela. Una vez que este el piso nivelado y sin compactar, se coloca el panel de esterilla encima, después de lo cual se compacta el conjunto, en esta forma la esterilla queda adherida al suelo.

Piso de latas: Los pisos de latas de bambú se emplean sólo cuando la plataforma del piso queda separada del suelo. Por lo general se utilizan latas de 2 a 3 cm. de ancho que se entreclavan sobre entresuelos con una separación máxima de 30 cms. entre ejes.

Piso de bambúes completos: Estos pisos consisten en bambúes delgados completos, colocados sobre entresuelos separados 60 cms. o más, según el diámetro, a los cuales se amarra.

Construcción del piso y el entramado de la pared con secciones de bambú: sobre dados de concreto se levantan los postes de bambú que sirven como columna, posterior a esto se colocan la viga interior y el cortafuego o viga superior, entre las dos vigas se colocan en sentido horizontal y sujetadas con pernos las piezas que forman el entramado que soporta el piso de madera, la pared de bambú se sujeta a las columnas. (Ver Figura 78)

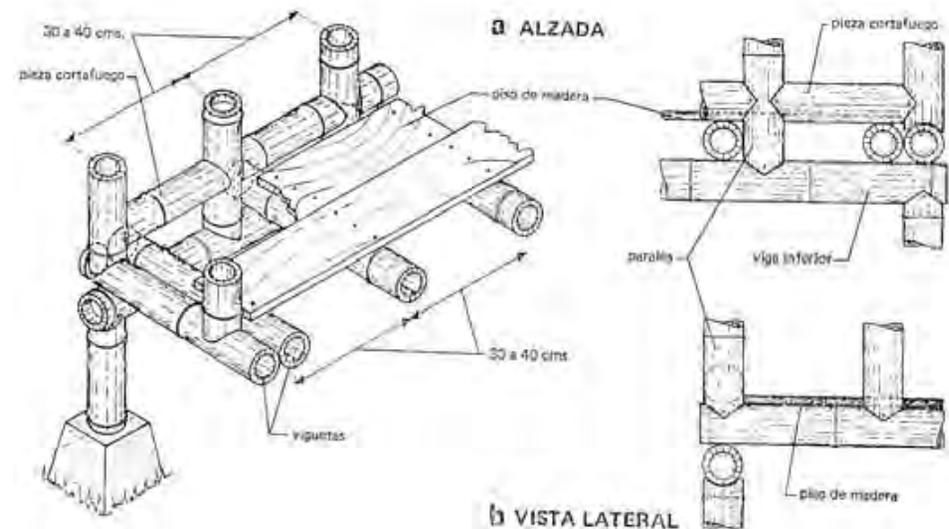


Figura 78, Construcción del piso y el entramado de las paredes con secciones de bambú, Hidalgo 2006

Muros

Muro de bahareque: La estructura de este muro esta formada por piezas de bambú de 10 cms. de diámetro promedio, colocados verticalmente a distancias iguales que pueden variar entre 30 y 40 cms. los cuales se clavan a las soleras de bambú, inferior y superior. Una vez fijadas las piezas verticales se recubren interior y exteriormente con tableros de esterilla colocados horizontalmente, con el lado externo o liso hacia adentro, la fijación de los tableros se puede hacer utilizando una cinta de 2 cm. de ancho que se coloca sobre la

esterilla al centro de cada pieza vertical con tornillos colocados a una distancia no mayor de 8 cm., Por último se aplica el embarre sobre los tableros de estreilla. (Ver Figuras 79 y 80, tomadas de Hidalgo 2006)

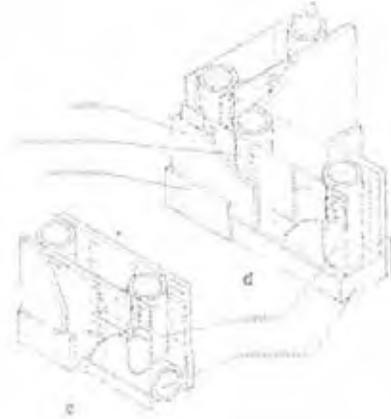


Figura 79, isométrico del muro de bahareque

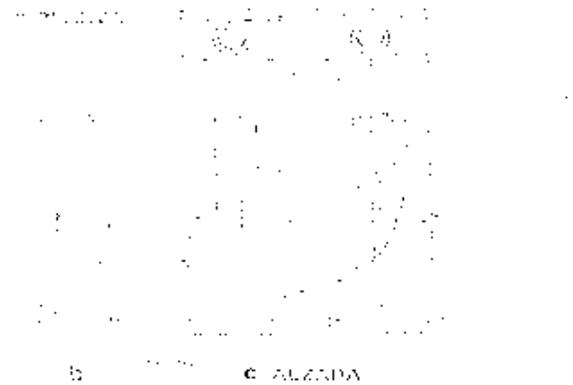


Figura 80, planta y alzado del muro de bahareque

Pared de embutido: La estructura de la pared de barro embutido, se construye en igual forma que la pared de bahareque; solo que en lugar de los tableros de esterilla se emplean latas (cintas) de bambú de 4 cm de ancho clavadas horizontalmente sobre los nodos de los parales con el lado externo hacia adentro y con una separación no mayor a 8 cm. lo anterior para facilitar el relleno de su interior con arcilla húmeda previamente mezclada con paja. La colocación de las latas en dos paredes que se unen formando un ángulo, debe hacerse a diferente altura con el fin de que sus extremos se crucen en el punto de intersección de las paredes. A medida que se vaya relleno su interior, se va presionando la arcilla con los dedos hasta que esta quede a ras de la parte externa de las latas, una vez relleno el muro se deja secar durante un mes o más, después de lo cual se aplican capas de tierra y estiércol. (Ver Figuras 81 y 82)

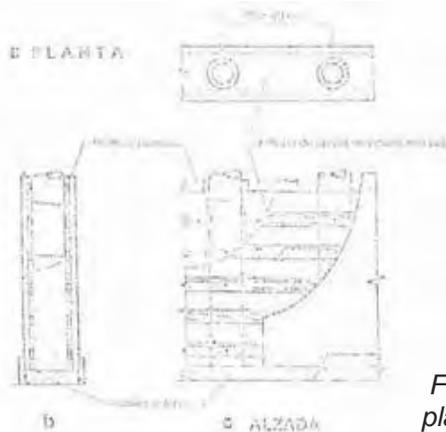


Figura 81
planta y alzado, pared de embutido

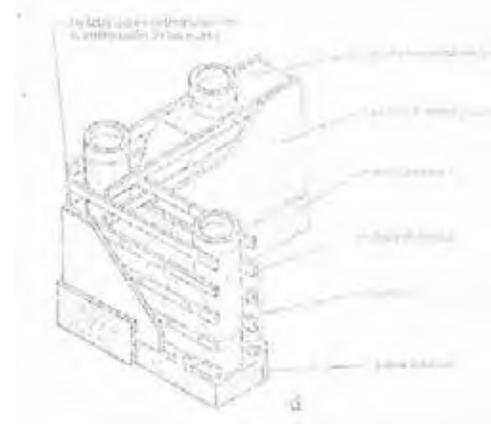


Figura 82
isométrico, pared de embutido

Cubiertas

Cubiertas con tensores: cuando las cubiertas cubren grandes claros se usan tensores de acero como anillos de tensión que unen las columnas, evitando que colapsen debido a la presión ejercida por los postes diagonales que forman la cubierta. (Ver Figuras 83 y 84, tomadas de Hidalgo, 1994)



Figura 83
detalle constructivo de cubierta con tensores

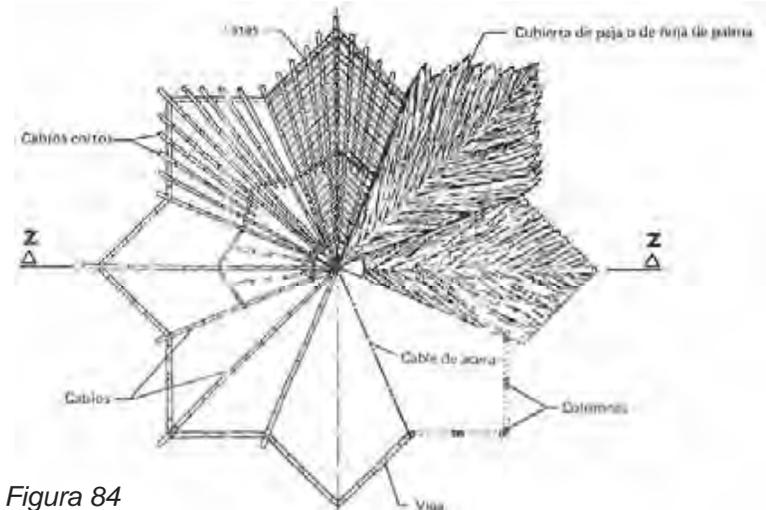


Figura 84
planta de cubierta con tensores

Cubiertas cónicas: se recomienda que la separación entre columnas sencillas no sea mayor de 3.00 mts., y entre columnas dobles 3.50 mts., el diámetro de las columnas varía de acuerdo a su separación y al diámetro de la cubierta, para diámetros mayores de 4.00 mts. se recomienda emplear columnas de bambú correspondientes a la parte basal del tallo, con diámetros mayores de 12 cms. y espesores mínimos de 1.5 cms., los bambúes correspondientes a las columnas periféricas deben tratarse con creosota o cualquier otro preservativo similar, en la zona que va a permanecer por debajo de la línea de tierra. Sobre las columnas se colocan con pernos y tuercas las vigas periféricas, las cuales sirven de soporte para las vigas inclinadas que forman la cubierta, sobre las vigas inclinadas se forma un entramado con cintas de bambú sobre el cual se colocan hojas de palma. para evitar el empuje lateral del techo sobre las columnas periféricas se colocan en la parte superior de las columnas, una serie de anillos paralelos de tensionamiento formado por cintas de bambú continuas que las amarran periféricamente. (Ver Figuras 85 y 86, tomadas de Hidalgo 1994)

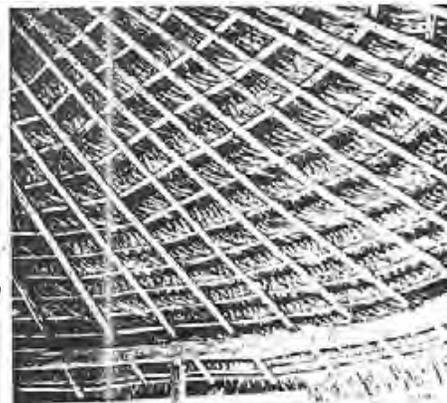
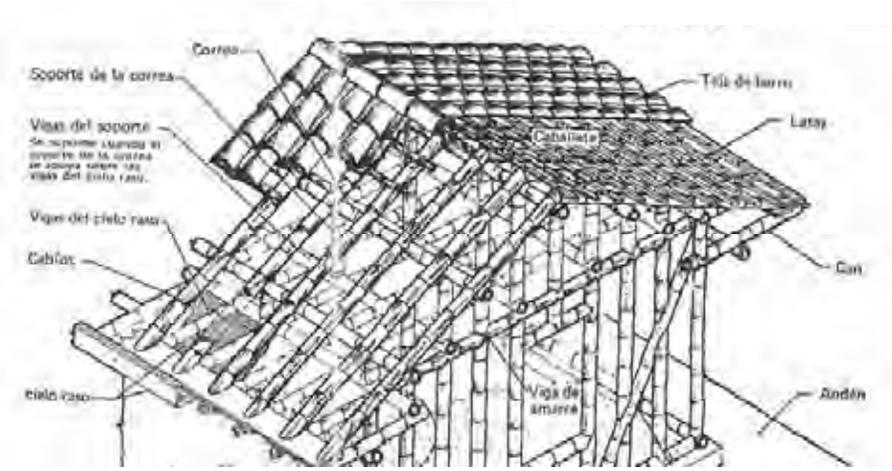


Figura 85, interior de una
cubierta cónica



Figura 86, fachada de kiosco
con cubierta cónica



Techos a dos aguas: se hace una retícula de vigas de soporte, en donde las vigas diagonales se apoyan en las vigas perimetrales que cierran los marcos que conforman los muros, al mismo tiempo estas vigas diagonales, también se recargan en vigas horizontales soportadas por la parte superior de las columnas perimetrales, las cuales tienen el corte boca de pescado para recibir las vigas horizontales de manera más cómoda una vez conformada la cubierta, se colocan sobre las vigas diagonales latas de bambú, sobre las cuales se ponen tejas de barro o de bambú. (Ver Figura 87, tomada de Hidalgo, 1994)

Figura 87, perspectiva donde se observan detalles constructivos del techo a dos aguas.

Tejamaniles de bambú: se recomienda usar partes basales de guadua de 4 años de edad o más, ya que son más resistentes y con paredes más gruesas. a) se elimina un nodo de la pieza de bambú para facilitar su manejo, b) quedando el tramo de bambú con un solo nodo, c) con la estrella se abre la pieza en tres o cuatro partes iguales, d) se separan las piezas, dejando el extremo recto o en ángulo, se levanta una pequeña pestaña que sirve de apoyo para sujetar los tejamaniles. (Ver Figura 88, tomada de Hidalgo, 2004)

Figura 88, elaboración de tejamaniles

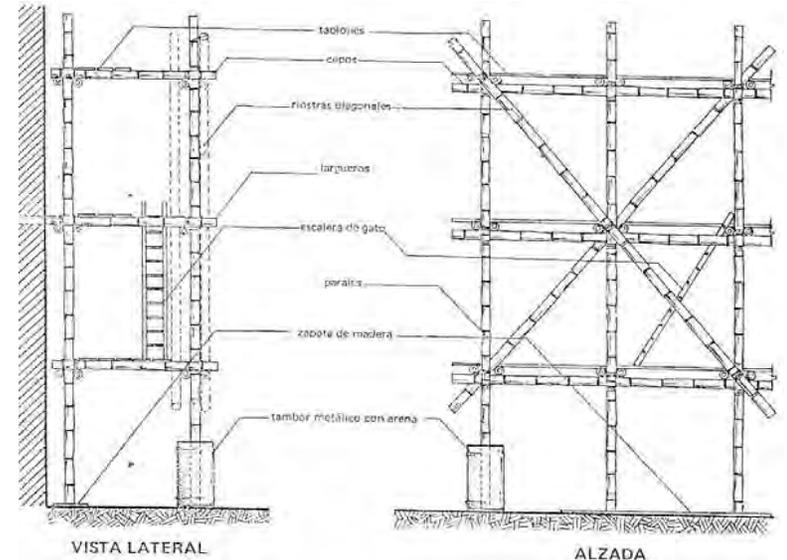
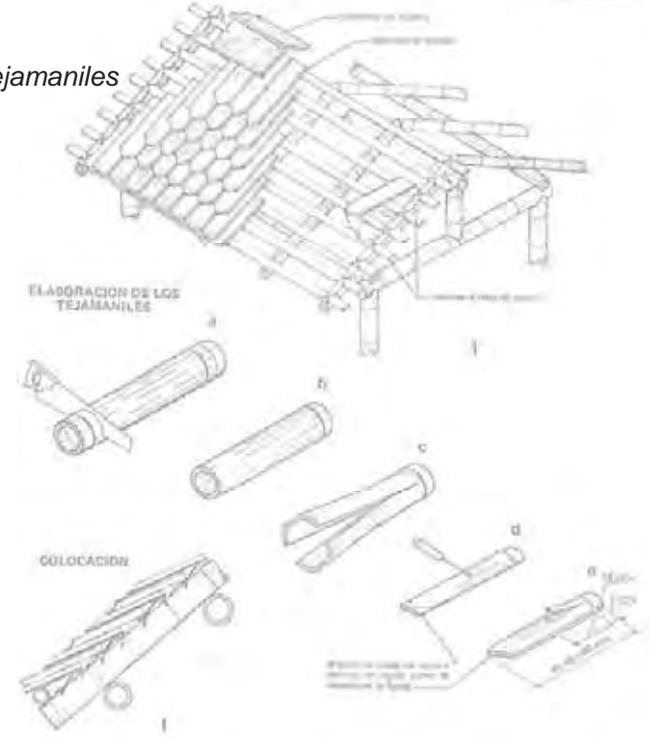


Figura 89, vista lateral y alzada de andamio doble.

Andamios de bambú: uno de los mayores usos del bambú es su empleo en la construcción de andamios provisionales, los tipos de andamios que más se utilizan son el andamio sencillo de un solo paral, que se emplea por lo general en todo tipo de muros, y el andamio doble, de dos paraleles que se utiliza principalmente en la construcción de estructuras, en este tipo de andamio, las secciones de bambú que sirven de apoyo para los tablonces que forman el puente, de apoyan en largueros sostenidos por una hilera de paraleles colocados entre sí a una distancia de 1.20 mts. a 2.00 mts., dependiendo de la altura del andamio y dimensiones del bambú, el extremo interior de los paraleles se entierra en tambos con arena. (Ver Figura 89, tomada de Hidalgo 2004)

Tejas de bambú: se elaboran con la parte basal de bambú de la especie guadua aculeata, con edad de 4 a 6 años, diámetro de 6", y longitud de 1 metro, piezas de 15 cms. x 25 cms., con impermeabilizante asfáltico en ambas caras, las piezas se fijan a la cubierta. (Ver Figuras 90, 91 y 92, fotos tomadas en Bambuver, 2008)



Figura 90, vista superior de tejas



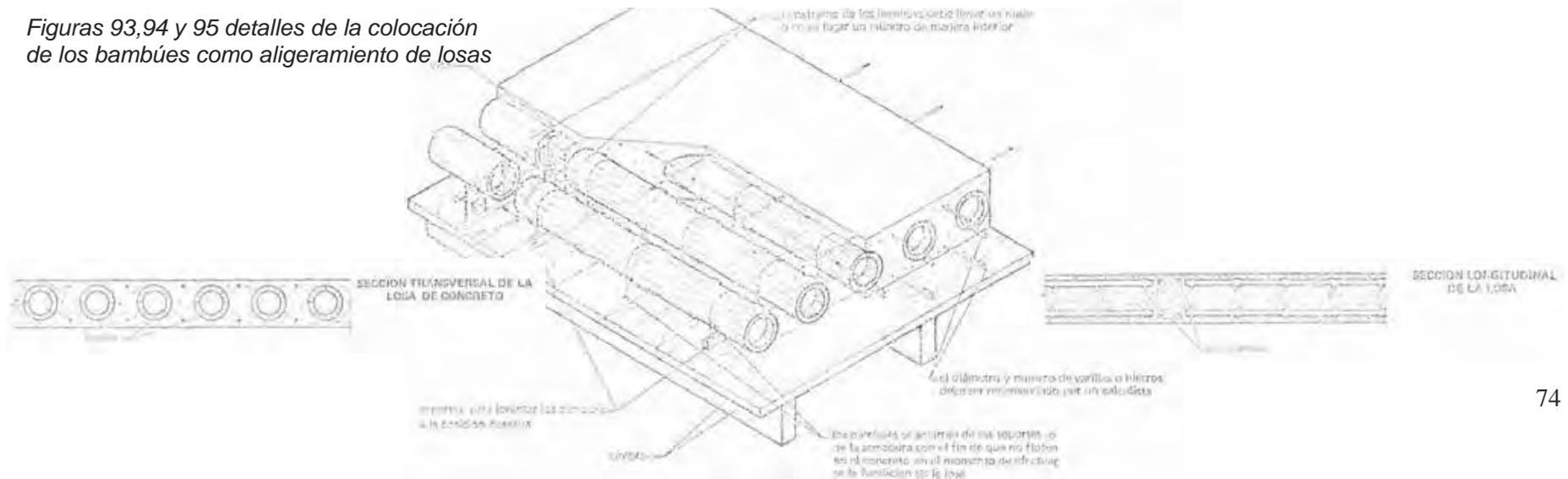
Figura 91, detalle de fijación



Figura 92 acercamiento a las tejas

Losas de concreto aligeradas con bambúes: se emplean en cimbras, o en casetones involucrados en la construcción de losas de concreto para aligerarlas y disminuir su costo, no tienen propiedades estructurales. (Ver Figura 93, tomada de Hidalgo 2003)

Figuras 93,94 y 95 detalles de la colocación de los bambúes como aligeramiento de losas



Instalaciones

Tuberías: En los tubos de bambú se perforan los tabiques interiores de los nudos con ayuda de una varilla o la sección de un tubo de acero, dependiendo del diámetro de la perforación. Los empalmes de los tubos pueden hacerse de diferentes maneras, pero para este proyecto se usará el empalme telescópico, el cual consiste en introducir el extremo más delgado de un tubo en otro de mayor diámetro, el empalme se hace de manera que el agua corra del tubo del extremo más delgado al de mayor diámetro. (Ver Figura 96)

Para evitar las filtraciones, los empalmes deben calafatearse con algodón en rama impregnado de alquitrán, después de lo cual se envuelven fuertemente las uniones con una cuerda de fibras vegetales impregnada de alquitrán caliente, el conjunto debe cubrirse con alquitrán caliente. (Ver Figura 97)

Las tuberías de bambú pueden colocarse subterráneas o aéreas, los tubos de bambú se preservan bajo tierra siempre que haya un flujo permanente de agua. Cuando el tubo se coloca sobre la superficie del suelo debe recubrirse con dos capas de palma envueltas sobre el tubo, y con una capa intermedia de tierra, con este tratamiento puede dársele un tiempo de vida útil de 3 a 6 años

Para la colocación de la tubería bajo tierra, se excava una zanja con un ancho mínimo de 40 cm., por una profundidad tal que la parte superior del tubo quede aproximadamente a una distancia de 60 cms. de la superficie del suelo, en lo posible el tubo debe descansar en una cama de arena de 10 cms. de espesor, si no se cuenta con arena, debe tenerse cuidado de que el tubo no quede en el aire apoyado sobre las uniones extremas o sobre piedras que puedan perforarlo. El relleno de la zanja debe hacerse en capas sucesivas de 10 a 15 cms. de espesor compactándolas con un pisón de madera o de bambú, teniendo cuidado de no golpear el tubo.

Los tubos de bambú pueden soportar hasta 2 atmósferas de presión, que equivalen aproximadamente a 2.1 kg/cm², por lo tanto no deben usarse como tubería de presión, sino para el transporte de agua por gravedad.

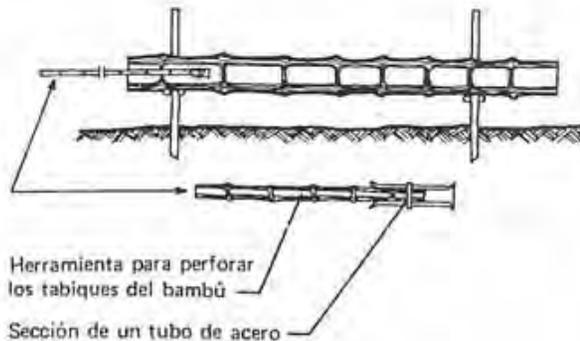


Figura 96, perforación de bambú para tubería
Tomada de Hidalgo, 2003

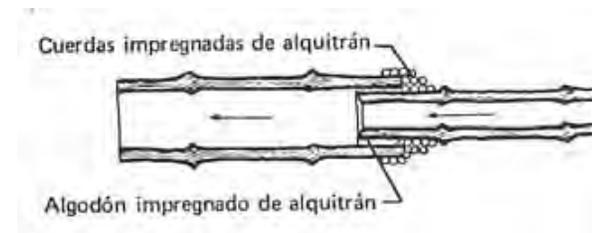


Figura 97 sellamiento de los empalmes de tubería de bambú
Tomada de Hidalgo 2003

La dimensión requerida para la tubería de bambú puede calcularse con ayuda del ábaco que se indica.

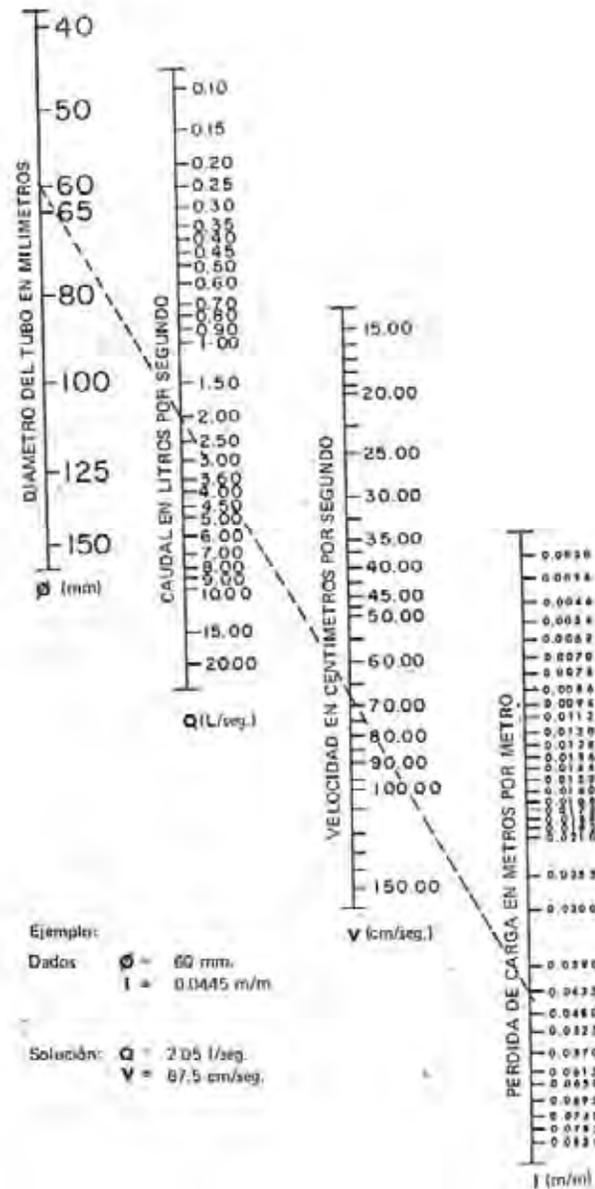


Figura 98, ábaco para calcular el flujo en tuberías de bambú¹¹

¹¹ Hidalgo O. (2003), "Bambú el regalo de los dioses", Editor Oscar Hidalgo López, Colombia.

2.12 propuesta de sistema constructivo del proyecto *(detalles de los sistemas constructivos en capítulo tres de este documento)*

Consiste en desarrollar elementos estructurales y paneles modulares de diferentes medidas, los cuales servirán para conformar y construir todas las estructuras que integran el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, el cual está constituido por el Prototipo de Vivienda Autosustentable, la Ecoárea, Área de secado del bambú, Almacén para el bambú, y Aula taller.

Para cada estructura, primeramente se hará una cimentación ligera con zapatas aisladas, utilizando para esto llantas recicladas de automóvil, el procedimiento para cada zapata es el siguiente: se utilizarán seis llantas por zapata, se excava una zanja del ancho y profundidad de tres llantas, se compacta el terreno y se colocan dos capas de tiras de llantas, se coloca la primera llanta y se va colocando tierra del lugar dentro de la llanta compactando la tierra al máximo, se coloca una varilla de 3/8" doblada en la punta y sobresaliendo 60 cms. a partir de la última llanta, se colocan la segunda y tercera llanta y se realiza el mismo procedimiento, se coloca la cuarta llanta sobre las otras tres, pero al ras de suelo siguiendo el mismo procedimiento, se colocan la quinta y sexta llanta también rellenas con tierra compacta, en la última llanta se inserta boca abajo una botella de plástico de aprox. 15 cms. de diámetro, dejando que sobresalga su parte superior 5 cms. de la llanta, es importante que tanto la varilla como la botella queden perfectamente presionadas por la tierra, una vez colocada la botella se inserta la columna de bambú en la varilla y en la botella, se rellena la botella con resina orgánica así como el primer entrenodo que está en contacto con la varilla. De esta manera tenemos una zapata aislada que sujeta una columna de bambú.

Las traveses, columnas, y marcos estructurales de los paneles modulares, se harán con las partes basales de *Guadua Aculeata*, por ser estas las de mayor diámetro y capacidad de carga, las uniones entre estos elementos constructivos se harán por medio de pernos y tornillos, y en algunos casos se realizarán cortes especiales como boca de pescado o pico de flauta, relleno con resina orgánica los entrenodos involucrados en las uniones de las piezas.

Los muros y el plafón se harán con paneles modulares de *Otatea Acuminata*, por ser más ligera que la *Guadua Aculeata*, aunque no por eso menos resistente.

La cubierta se hará con paneles de bambú *Otatea Acuminata* en la parte interior, ya que esta especie es más ligera, en la parte exterior se colocará palma para proteger el bambú de las inclemencias del tiempo.

El piso se hará con paneles de esterilla de bambú *Guadua Aculeata*, y tendrá un terminado con resina orgánica para mayor resistencia y protección del material, estos paneles se colocarán sobre la tierra apisonada.

Las puertas y ventanas, así como sus marcos y contramarcos, se elaborarán con paneles de *Otatea Acuminata*, y se cubrirán con tapetes tejidos con esterillas de *otata*.

2.13 beneficios medioambientales

- fijador de dióxido de carbono (CO₂), su madera no libera a la atmósfera el gas retenido después de ser usada en construcción, sino que éste queda fijo en las obras realizadas con ella.

- evita la movilización de tierra y conserva los suelos, debido a que su sistema de raíces extendidas forma grandes redes.
- incrementa la retención de agua en el subsuelo por su sistema de raíces y rizomas.
- ayuda a la mejora del paisaje y es una gran fuente productora de oxígeno.
- al sustituir productos maderables, por productos de bambú se evitara en gran medida la deforestación.
- sus grandes hojas caulinares y follaje protegen al suelo de la erosión.

2.14 beneficios económicos

Bonos de carbono: a partir de los acuerdos adoptados en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, en Río de Janeiro, (1992), se han concretado importantes compromisos internacionales suscritos por México, destacando el referente a mitigar la acumulación de gases que originan el efecto invernadero particularmente el CO₂. (Montoya et al, 1995). El bambú debido a su enérgico proceso de crecimiento, contribuye significativamente al secuestro del bióxido de carbono de la atmósfera y por lo tanto a la descontaminación ambiental mundial. Esta peculiar capacidad puede generar un ingreso económico extra a los productores que hagan un buen manejo del cultivo y conserven en buenas condiciones las plantaciones, en conformidad con los acuerdos internacionales sobre el mejoramiento de la atmósfera que están por aprobarse mundialmente.

Materia prima para construcción: Al procesar el bambú, se pueden elaborar elementos estructurales (columnas y traveses), paneles prefabricados, pisos, tejas, puertas y ventanas que se pueden usar en diversas construcciones, así mismo al capacitar a la gente pueden ofrecer sus servicios de asesoría y mano de obra.

Artesanías y muebles: Se pueden elaborar todo tipo de artesanías y muebles, que se pueden vender a nivel local, o establecer convenios con algunas tiendas para vender estos productos.

Venta de pies de plantas: seleccionadas para desarrollar nuevos cultivos o para surtir a los viveros que comercian con plantas ornamentales.

En todos los casos la comercialización deberá desarrollarse paralelamente a la multiplicación de los cultivos y el dominio técnico de la habilitación de los materiales y la transformación o manufactura de sus derivados, procurando un equilibrio cuantitativo y cualitativo en el proceso, desde la siembra hasta el producto final.

2.15 red de trabajo (cadena productiva del bambú)

Hay que establecer una cadena productiva sustentable del bambú, en sus etapas de propagación, desarrollo, siembra, cosecha, transformación y utilización como un material de construcción cultivable que permita ampliar el concepto de lo sostenible más allá de lo ambiental, en los temas de lo social, lo económico y lo arquitectónico; reconociendo en la anatomía del bambú, y sus características físicas y mecánicas, el potencial de sus destacadas cualidades de respuesta a eventos físico mecánicos en su utilización como material de construcción, así como en su utilización en muebles y artesanías.

Para que los resultados de explotación del bambú sean óptimos, debe haber un conocimiento del manejo de la planta, y que quienes la utilizan cuenten con los elementos que les permitan cultivar el bambú y mantener su producción, seleccionar el mejor material, curarlo, y transformarlo en materia prima.

Esta cadena productiva consiste en que gran cantidad de gente tendrá empleos, ya que para obtener materia prima del bambú se necesitan una serie de pasos que involucran la intervención humana, de manera que se tendrá gente laborando en cada una de las etapas de la cadena productiva, teniendo así una fuente de empleo permanente.

Conclusiones generales:

Los datos recopilados en este capítulo sirven para darnos cuenta de la significación económica, social y ambiental del bambú y su amplia capacidad substitutiva de la madera en diversos usos.

La importancia económica y social que el bambú, representa para nuestro país, deriva del amplio margen de beneficios que se obtienen de su cultivo y aprovechamiento en cualquiera de los diversos usos y aplicaciones para los que es útil, destacando su potencialidad en el mercado de exportación; el impulso a la creación de nuevas actividades artesanales e industriales y su conveniencia ecológica por el desplazamiento en el uso de la madera, la conservación de los suelos, y la sustracción de elementos contaminantes de la atmósfera.

Entre otras características de la planta, la velocidad de su crecimiento es uno más de los factores que determinan sus altos índices de rendimiento frente a otros productos forestales, ya que en un plazo muy breve pueden aprovecharse plenamente la totalidad de sus componentes.

Es un recurso renovable que cultivado sistemáticamente, con una tecnología relativamente simple y de bajo costo, llega a conformar plantaciones forestales perennes, sujetas a muy pocos riesgos de destrucción o deterioro y cuya producción puede colectarse y habilitarse con facilidad y pocos gastos para colocarla en el mercado.

Estos cultivos pueden establecerse conforme a diversos esquemas de operación y regimenes de producción y comercialización, que pueden ir desde parcelas ejidales y de pequeña propiedad, hasta la producción en gran escala.

Se estima que en una extensión de 10 hectáreas es posible la siembra de 650 plántulas espaciadas cada 4 metros en un trazo diagonal, cada una de las matas que surjan generara en promedio de 10 a 12 tallos, en total 6620 por hectárea.¹²

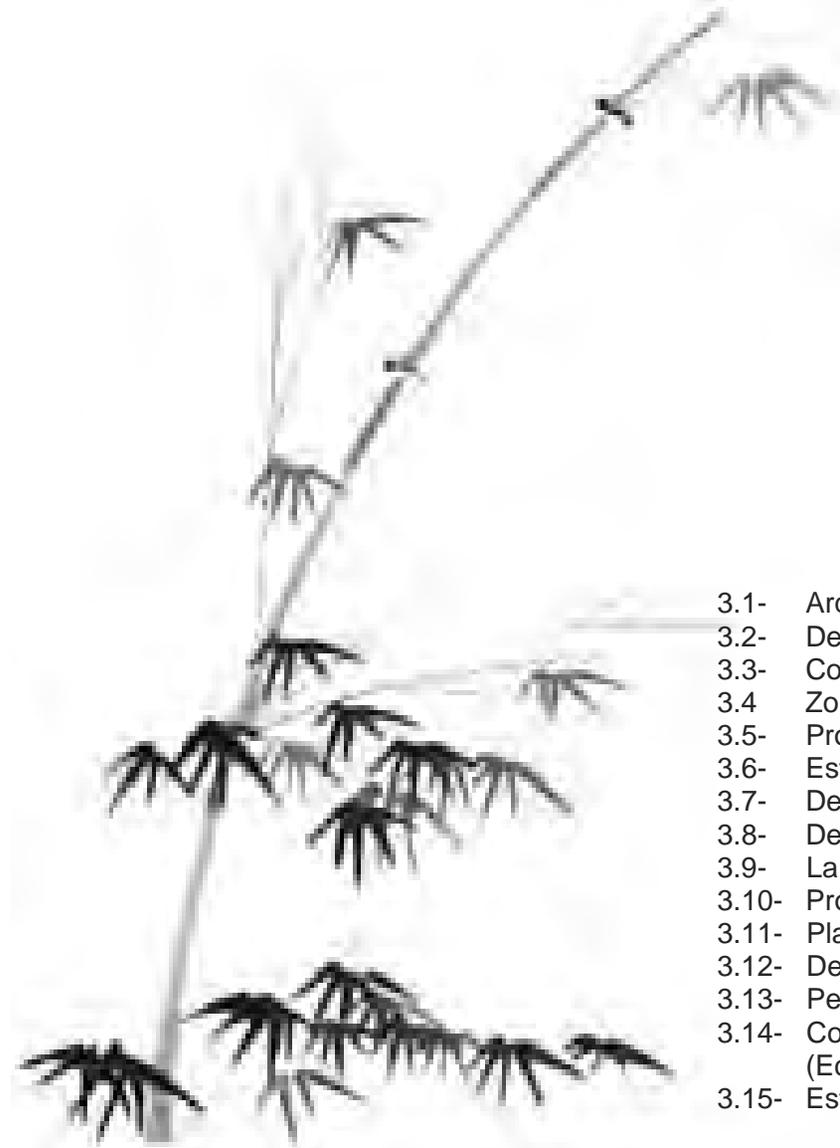
El bambú tiene todas las posibilidades para que en un futuro relativamente cercano alcance su máximo desarrollo como cultivo y producto de valor económico, social y ecológico.

¹² El bambú Estudio de Mercado Mundial, volumen I, <http://www.infoaserca.gob.mx/proafex>.

CAPÍTULO 3

Construcción de Estructuras y Paneles Modulares de Bambú

La Vivienda Sustentable y el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú



- 3.1- Arquitectura Natural, Arquitectura Vernácula, y Vivienda Sustentable
- 3.2- Delimitación del área de estudio
- 3.3- Concepto e Imagen Conceptual
- 3.4 Zonificación
- 3.5- Programa de requerimiento de necesidades
- 3.6- Estudio de áreas
- 3.7- Desarrollo de ecoárea, área de secado, almacén, y aula taller
- 3.8- Desarrollo del Prototipo de Vivienda
- 3.9- La vivienda veracruzana tradicional y el prototipo de vivienda
- 3.10- Propuesta, aportación, e innovación del proyecto
- 3.11- Planos generales
- 3.12- Detalles constructivos
- 3.13- Perspectivas
- 3.14- Conceptos generales de utilización de recursos naturales e instalaciones (Ecotécnicas aplicables al proyecto)
- 3.15- Estudio de impacto ambiental

3.1 Arquitectura Natural, Arquitectura Vernácula, y Vivienda Sustentable.

La rápida evolución de la civilización contemporánea, nos muestra que se ha abusado en el uso de materiales constructivos cuyo proceso de fabricación llega a derroches energéticos, o bien a otros, donde la mano de obra que necesitan para su correcta aplicación, tiene grados de capacitación que difícilmente el promedio de gente destinada a estos oficios alcanza.

De esta preocupación, surge la intención de búsqueda de sistemas constructivos, que respondan con una adaptación a las costumbres y grado de capacitación requerido para poner en las manos de la mayoría de gente la posibilidad de construir. Por otro lado, sistemas que contribuyan al bienestar ambiental del país al no tener excesivos costos energéticos ni en su manufactura ni en su abasto.

Es por eso que este proyecto de investigación tiene aplicación en el estudio de los sistemas constructivos pertenecientes a la llamada *Arquitectura Natural*, entendiéndolo por arquitectura natural los sistemas constructivos que involucran materiales naturales o sea, elementos regionales y de la localidad sin elaboración industrial cuyas características principales son las siguientes: construido por sus moradores, con predominio de los materiales naturales y de la región., adaptación al clima., adaptación a las costumbres, tradiciones y formas de vida.

La *Arquitectura Vernácula*, es la que ha sido proyectada por los habitantes de una región o periodo histórico determinado mediante el conocimiento empírico, la experiencia de generaciones anteriores y la experimentación, usualmente este tipo de construcciones es edificada con materiales disponibles en el entorno inmediato. El objetivo es generar microclimas dentro de las edificaciones para obtener cierto grado de confort y así minimizar las condiciones de climas extremos. Es resultado de una creación colectiva basada en un proceso de prueba y error y que se transmite de generación en generación, corrigiéndose y adaptándose paulatinamente a las necesidades comunes del grupo y a las condicionantes de su lugar de implantación, la importancia de este tipo de arquitectura es consecuencia de la acción conjunta de diversos factores estrechamente relacionados. Estos factores se pueden reunir en dos grupos principales:

Factores socioculturales: incluyen el modo de organización social del grupo, la estructura familiar, la religión, organización económica, y actividades productivas.

Factores físicos: incluyen todos aquellos dados por las características naturales del lugar como clima, características geomorfológicas, paisaje natural, hidrografía, fauna, vegetación y materiales existentes en el lugar.

Hablar de arquitectura vernácula, es hablar de la expresión de una tradición constructiva ancestral aún viva, en segundo lugar es preciso que haya sido construido por nativos del lugar, además que se utilicen materiales locales, y que estos al cumplir su ciclo vital sean devueltos sin riesgo o contaminación ecológica al propio suelo.

Para el autor Amos Rapoport, la construcción vernácula es aquella en la que no existen pretensiones teóricas o estéticas; que trabaja con el lugar de emplazamiento y con el microclima; respeta a las demás personas y sus casas y, en consecuencia, al ambiente total, natural o fabricado por el hombre, y trabaja dentro de un idioma con variaciones dentro de un orden dado¹.

Aplicando los principios de arquitectura natural, arquitectura vernácula, el ecodesarrollo, las energías renovables y procesos de reciclado podemos obtener un Prototipo de Vivienda Sustentable, que corresponda plenamente a las necesidades de sus moradores, del medio ambiente y de las construcciones hechas con bambú tema de este estudio.

Tradicionalmente, en el mundo rural eran los propios usuarios los responsables de construir su vivienda, adaptándolas a sus propias necesidades a partir de los modelos habituales de su entorno, es por eso que la vivienda campesina encierra gran riqueza de valores: el criterio estético que sigue el hombre del campo para la complacencia de un espacio propio, de un abrigo: su entendimiento del medio rural y su capacidad para utilizar los recursos con máximo beneficio; su conocimiento y memoria, herencia cultural. Es en el campo donde prevalecen aún los sistemas constructivos prehispánicos, las antiguas y acertadas concepciones del espacio y el orden. L

La vivienda campesina expone sistemas constructivos que estarán siempre vigentes, pues corresponden al uso racional de los materiales que los constructores tienen a su alcance, son utilizados para dar solución obvia a los problemas que plantea el clima, obteniendo de una manera natural, no preconcebida resultados formales, así mismo esta vivienda se ve plenamente integrada al medio, con la belleza resultante de la verdad con que el hombre enfoca la manera de satisfacer su forma de vida.²

Los modelos tradicionales de vivienda rural son susceptibles de mejorarse en algunos aspectos, aprovechando la tecnología adecuada, higiene, estabilidad estructural, impermeabilización, son algunos de los cambios que pueden incorporarse a la casa rural. Las mejoras deben realizarse gradualmente, ya que no es válido con el pretexto de mejorarla, intentar cambiar violentamente la forma o la solución arquitectónica de la casa, del mismo modo que no es posible modificar bruscamente una cultura. La evolución de la casa en su intento por mejorar, debe conservar todos los aspectos positivos y su sentido de belleza expresados en la solución popular.

Para datos prácticos de este documento, se entenderá por *vivienda sustentable* aquella que esté construida con materiales de la región que al cumplir su ciclo vital sean devueltos al entorno sin generar un impacto ambiental negativo, que se adapte al clima, costumbres, tradiciones, y forma de vida, que proporcione confort térmico a través de soluciones sencillas, que se integre al entorno y a las necesidades de la población

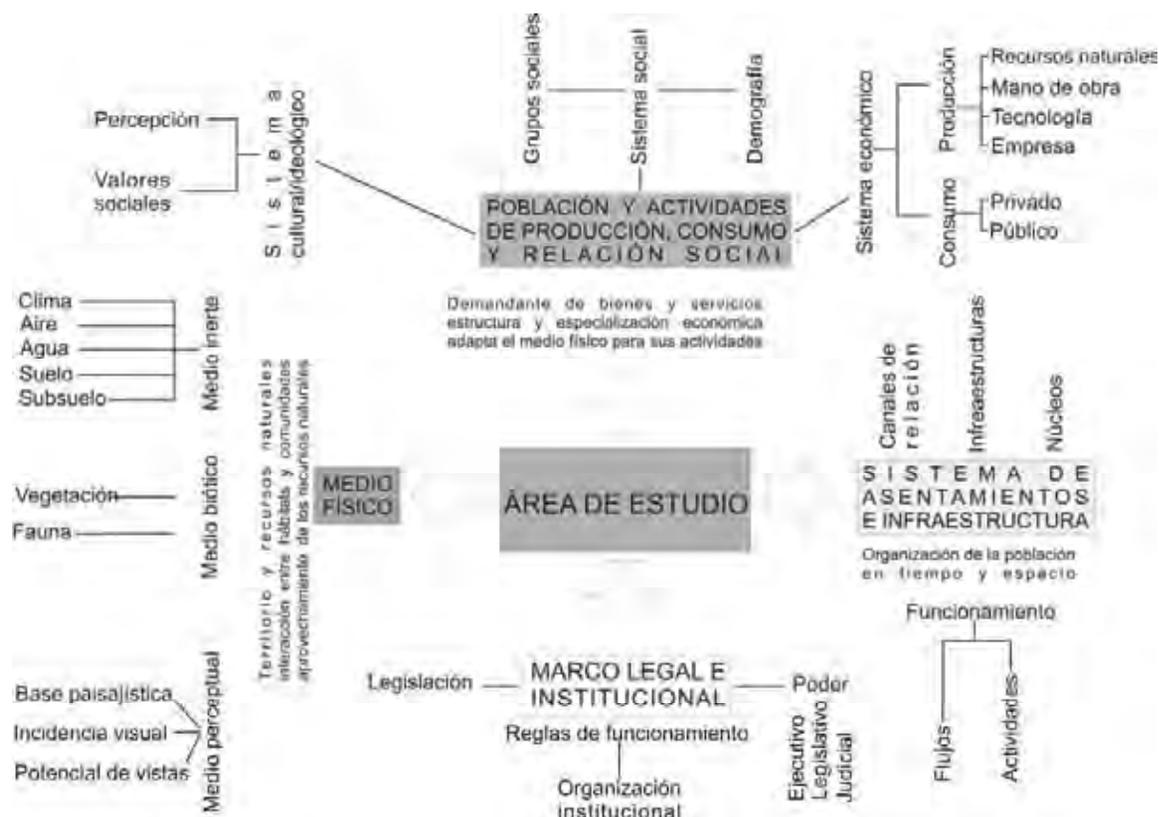
3.2 Delimitación del área de estudio

¹ Trueblood B. Corzo. (1978), Vivienda Campesina en México, SAHOP (Secretaría de Asentamientos y Recursos Humanos y Obras Públicas), México.

² Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, México 1978, Arq. Pedro Ramírez Vázquez.

Se hace necesario delimitar el área de estudio antes de desarrollar el programa de necesidades, a continuación se presenta una gráfica representativa de los factores que se tomaron en cuenta para realizar la delimitación, (medio físico, marco legal e institucional, sistema de asentamiento e infraestructuras, población y actividades de producción, consumo y relación social³). (ver Figura 99)

Figura 99 Delimitación del área de estudio, tomada de Gómez 1999



El ámbito geográfico del entorno corresponde al área de extensión de las interacciones que se pretende analizar; por ello no puede definirse en conjunto, sino según exigencias del estudio de cada fenómeno considerado.

³ (1999), Gómez, Evaluación del Impacto Ambiental, Editorial Agrícola Española.

La importancia de la delimitación del área de estudio, deriva de su papel como ámbito de referencia, en la idea de que el significado de la alteración de un factor ambiental solo puede entenderse en términos relativos, es decir de la parte que se afecta respecto a la totalidad existente. En principio el ámbito total será la envolvente del territorio impactado por el proyecto. (Ver Fig. 100)



Figura 100, parte importante para delimitar el área de estudio, es la ubicación del terreno en donde se piensa implantar el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, en este caso el terreno podrá ser donado por el Municipio, el predio fue elegido por su ubicación, ya que se encuentra en la calle principal, cercano a la Laguna, y no esta habitado; su poligonal es de 100 mts. x 100 mts. Imagen escaneada de plano proporcionado por SEMARNAT.



Figura 101, Vista panorámica de Sontecomapan, tomada de google earth, se aprecia la grandeza de la naturaleza y la belleza de la comunidad, rodeada por Montañas.

Golfo de México

Laguna de Sontecomapan

Manglares de Sontecomapan

Comunidad de Sontecomapan

Acercamientos progresivos al terreno seleccionado donde para desarrollar el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, el terreno tiene una superficie cuadrangular de 100 mts. de lado, y un área de una hectárea. (Ver Figuras 102, 103 y 104, tomada de google earth).



Figuras 102, 103 y 104, enmarcado en un círculo el terreno seleccionado para la construcción del Centro de Investigación.

Antes de proponer los diseños de las estructuras que conforman el Centro de Investigación Tecnológica del Bambú, es necesario tomar en cuenta el medio físico de la zona como condicionante determinante para el óptimo funcionamiento de la vivienda, ya que al tener el proyecto aplicación en una región de clima tropical lluvioso, se emplearán conceptos básicos de arquitectura bioclimática tomando en cuenta las siguientes recomendaciones; orientar las edificaciones a los vientos dominantes para ser más frescas, colocar puertas y ventanas opuestas para obtener ventilación cruzada en la mayor parte del área de la casa, se dejarán intersticios que favorezcan la corriente de aire para producir frescura en su interior, se emplearán techos inclinados para permitir el fácil escurrimiento del agua, con aleros amplios para proteger los muros de la erosión del agua y disminuir la insolación, los techos serán altos para permitir acumular mayor volumen de aire caliente en las parte altas con la consecuente mayor frescura y comodidad de las partes bajas, se abrirán huecos en las partes superior e inferior de los muros para permitir la entrada de aire frío por la parte baja, y la salida del aire acumulado en la parte superior de la casa facilitando su circulación y la mayor frescura en las partes bajas, se construirán muros anchos, cubiertos de adobe para que sean térmicos, se buscará la mejor orientación para la casa, lo cual permitirá tener más luz natural así como ventilación cruzada.

3.3 Concepto e Imagen Conceptual

Concepto:

El concepto de la vivienda, es retomar en forma abstracta el corte transversal de un culmo de bambú, esta forma circular también corresponde a la vivienda tradicional de las zonas huastecas. (Ver Figuras 105, 106 y 107)



Fig. 105, corte transversal de un culmo de bambú



Fig. 106, Prototipo de Vivienda



Fig. 107, vivienda huasteca tradicional

El concepto de las cubiertas regladas es la abstracción de las hojas de bambú



Fig. 108, mata de bambú

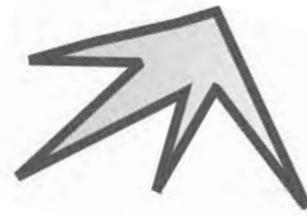


Fig. 109, abstracción de hoja de bambú

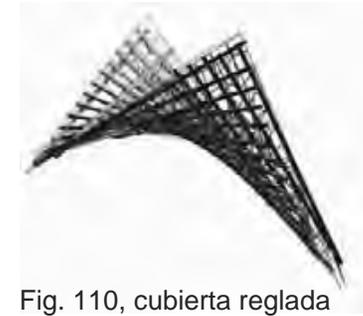
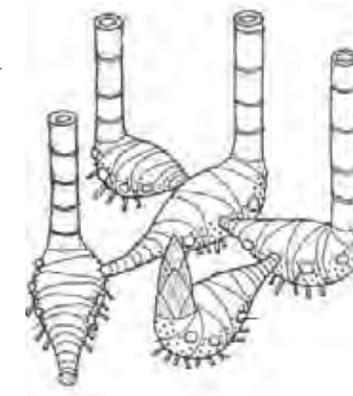


Fig. 110, cubierta reglada

Imagen conceptual: Es una mata de bambúes con rizoma paquimorfo, en la cual los rizomas se desarrollan periféricamente formando una mata de tallos aglutinados, en donde todos los rizomas están unidos, a través de sus yemas.

Figura 111 rizoma paquimorfo, tomada de Hidalgo , 2003

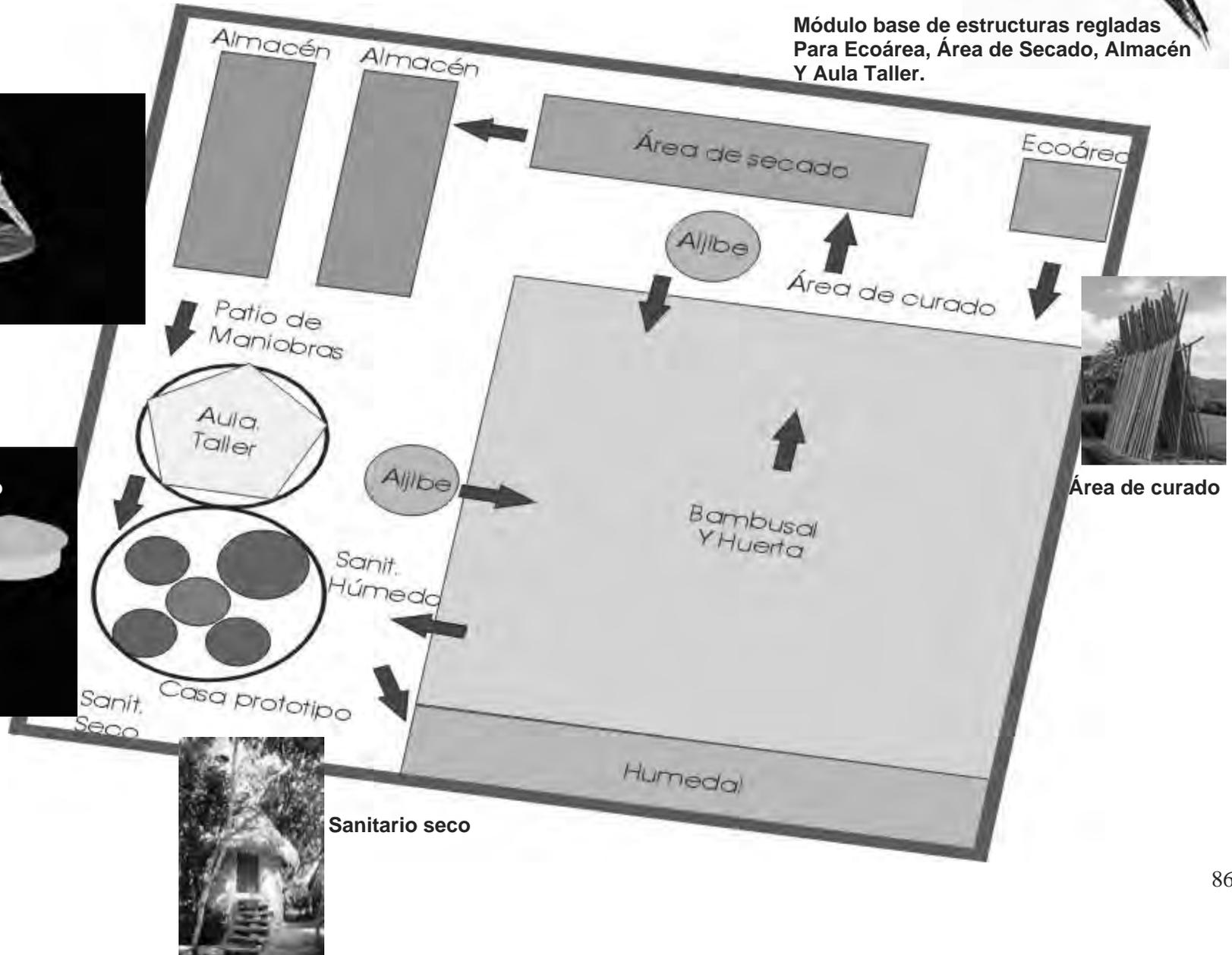
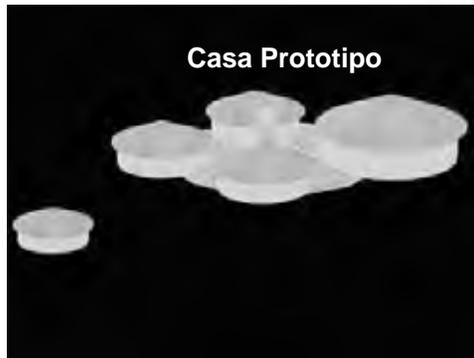


3.4 Zonificación

Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú



Figura 112 Croquis de Zonificación, donde se aprecia la distribución general de los espacios y su interacción.



3.5 Programa de requerimiento de necesidades del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú

Para poder llevar a cabo esta empresa y darle impulso al proyecto del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, se seleccionará parte de las especies de bambú *Guadua Aculeata* y *Otatea Acuminata* 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. El proyecto de usar bambú en la comunidad de Sontecomapan, como un recurso renovable que genere beneficios económicos, sociales y ambientales, es un proyecto a largo plazo, y para que eso suceda, será necesario en primer punto, que en el terreno destinado a la construcción de este Centro, se siembre bambú propio creando un bambusal, así como tener plantas pequeñas cuidadas en la ecoárea, para generar el material necesario que a futuro pueda usarse en los talleres que se impartan a la comunidad, mientras el bambú sembrado alcanza su punto de maduración y está listo para su uso como materia prima, se impartirá a la población la capacitación adecuada para la construcción, consistente en: capacitación acerca de la siembra, cosecha y tratamiento del bambú, capacitación en construcciones con bambú y adiestramiento en carpintería, albañilería y plomería.

Para desarrollar este proyecto de manera integral, es necesario *establecer metas y avances de trabajo* que vayan paulatinamente interesando, familiarizando e integrando a la comunidad con la aceptación del uso del bambú y sus beneficios en la construcción, de modo que en todas las actividades se fomentará la participación de la población, ya que de otra manera sentirán que el bambú es algo ajeno a ellos, y no podrá desarrollarse una cultura de construcción con bambú, previo a todos los procesos se dará capacitación a la población participante.

La población podrá participar en la auto construcción de las instalaciones del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, poniendo especial énfasis en la construcción del Prototipo de Vivienda, ya que con esto además de reforzar los conocimientos adquiridos en la teoría, se demostrará a través de los hechos que es factible construir una casa hecha de bambú, económica, confortable y bonita, por lo que se espera que los participantes tendrán la seguridad y la confianza de construir y utilizar estructuras de bambú, de vivir en casas hechas de bambú, ó ampliar y adecuar sus actuales viviendas con este material tan poco usado en la construcción.

Se necesita un terreno grande en donde puedan desarrollarse diferentes estructuras, para diversos usos, todas las partes del proyecto se integran unas con otras, generándose un ciclo de producción y aprendizaje, de manera que el bambú sembrado en el bambusal una vez que este maduro podrá cortarse, recién cortado el bambú se deja en el área de curado durante un período de 8 semanas, después pasa al área de secado en donde permanece dos meses, una vez que seco el bambú, se le corta en tramos de 3 y 6 mts. y se le clasifica para guardarlo en el almacén.

Para clasificarlo, es necesario establecer un código de colores en el que se indiquen 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 marcarán las piezas basales de *Guadua Aculeata* de 4 años de edad, lo cual indica que esta pieza es apta para usarse como columna, debido a su edad y grosor.

Las piezas del almacén, serán utilizadas en el taller para impartir las capacitaciones a la población, o estarán listas para la venta al público.

Cercano al almacén se ubica el patio de maniobras, el cual es necesario para que entren camiones de carga, de compradores de bambú y sus derivados.

Inmediato al bambusal se localiza la ecoárea, en este lugar se cultivan en charolas tallos pequeños de bambú en un ambiente controlado para evitar que tengan plagas, exceso de agua o de sol, una vez que la planta es fuerte puede trasladarse al bambusal con menor riesgo de que se dañe.

En el aula taller se darán clases teórico prácticas acerca del bambú, se enseñará a los participantes de los talleres acerca de los beneficios del bambú, que tipo de construcciones y artesanías se pueden hacer con él, se les adiestrará en el uso de maquinaria, se les darán clases de albañilería, carpintería y plomería.

Los espacios antes mencionados, no necesitan muros ya que requieren de gran ventilación, por lo que para se tiene pensado el diseño de cubiertas a través del método de estructuras regladas, ya que son ligeras , resistentes, y cubren grandes claros.

Contigua al aula taller se ubica la vivienda prototipo, la cual servirá como centro de investigación, aquí podrán alojarse investigadores y capacitadores del bambú; al mismo tiempo esta vivienda demuestra a la comunidad que las casas de bambú son bonitas, cómodas, económicas y habitables. Esta vivienda cuenta con estufa solar y estufa ahorradora de leña, sanitario seco y sanitario húmedo, captación y almacenaje de agua pluvial. La finalidad de esta vivienda es propiciar que la población de Sontecomapan vea el uso del bambú, como alternativa viable para la construcción de sus viviendas.

Como parte del proyecto se cuenta con un humedal para depurar las aguas grises, y dos aljibes para recolectar agua pluvial.

El bambusal comparte el terreno con diversos cultivos, los cuales son consumidos por las personas que estén en la vivienda y los talleres de capacitación.

En cuanto al manejo de desechos, los residuos orgánicos serán depositados en compostas, el material que ahí se genere será usado como abono para el bambusal y la huerta; los residuos inorgánicos se enviarán a una planta recicladora ubicada en Veracruz.

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.

3.6 Estudio de áreas

Terreno.....	(10 000 .00 m2)
Prototipo de vivienda.....	(100.00 m2)
Sanitario seco.....	(3.00 m2)
Sanitario humedo	(3.00 m2)
Ecoárea.....	(100.00 m2)
Área de secado.....	(400.00 m2)
Almacén de bambú.....	(600.00 m2)
Escuela Taller.....	(315.00 m2)
Área de bambusal.....	(3 600.00 m2)
Área de humedal.....	(600.00 m2)
Aljibes.....	(200.00 m2)

3.7 Desarrollo de Ecoárea, Área de secado, Almacén, y Aula taller

Cada espacio tiene sus propios requerimientos y necesidades, de acuerdo a esto se desarrollan diferentes diseños arquitectónicos y propuestas estructurales con bambú a excepción de los cimientos, cabe mencionar que el bambú que se empleará ha sido debidamente secado, tratado e inmunizado.

La 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, así como a cambios climáticos bruscos, su mobiliario es muy sencillo, consta de repisas hechas con bambú sobre las que se colocan charolas de 50 cms. X 50 cms. 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 trasplanta al bambusal, la función de tener la ecoárea es para reemplazar 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 mts., su cubierta esta 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.

El Área de secado, Almacén y Aula taller, necesitan de espacios amplios, ventilados y abiertos, en donde se pueda manipular adecuadamente el bambú, para cumplir con esto se emplearán estructuras regladas modulares, ya que cubren grandes claros, son ligeras, resistentes, y fáciles de armar.

Para la elaboración de las estructuras regladas, se armaran paneles rectangulares de 5mts. x 5mts., a excepción de los paneles del Aula, que serán de 7.00 X 7.00 mts., todos se elaborarán con Guadua Aculeata de 13 a 18 cms. 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 cms. 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 otaite tienen 50 cms. de ancho x 5 mts. 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.

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 m², 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 curado 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 m², 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

Aula taller, es un espacio que cumple dos funciones al mismo tiempo, 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 m² con una base circular de 20 mts. 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.

3.8 Desarrollo del Prototipo de Vivienda

El Prototipo de Vivienda Sustentable que se propone desarrollar es solo un ejemplo práctico de lo que puede llegar a construirse con estructuras y paneles de bambú, más no una imposición, ya que la distribución espacial de la vivienda siempre tiene que ser acorde a las necesidades de sus ocupantes, así mismo el diseño y construcción de la vivienda se limitan a las necesidades culturales, regionales, topográficas, climatológicas, y de ubicación.

Para el proyecto arquitectónico del Prototipo de vivienda, se realizó un análisis social de la tipología de la vivienda, forma de vida y forma de apropiación del espacio, por parte de los pobladores de la comunidad de Sontecomapan, a partir de esto se obtienen las limitantes y requerimientos para el proyecto; mismos que permiten proponer una solución congruente al lugar y al usuario; de manera que se elaborará y propondrá a la comunidad una vivienda que se adapte a las condiciones sociales, económicas, culturales, físicas y ambientales de la zona.

Tanto el análisis, como el mejoramiento de la vivienda, se harán teniendo en cuenta que la vivienda además de ser el satisfactor espacial de sus necesidades, es el complemento de su producción y el centro donde se generan sus relaciones de convivencia, su casa es sin duda uno de los elementos básicos de su producción formal.

Mario Álvarez Urueña⁴, menciona que al cabo de 4 años, con 120 plántulas de bambú, en un área de 2,600 m² se puede obtener de una sola vez un bambusal desarrollado, para construir los muros, vigas, y columnas necesarios para una casa de 120 m² además que el bambusal como cultivo perenne sigue productivo, es en estos datos que se basa la medida de la unidad de vivienda propuesta.

⁴ Alvaréz M. (2002), Construcción de viviendas sustentables <http://www.ecosite.com/arquit/cosechadecasa.asp>

3.9 La vivienda veracruzana tradicional y la propuesta arquitectónica desarrollada en este proyecto.

Vivienda tradicional⁵

La variada topografía de la Huasteca en rasgos generales abarca tres grandes unidades, la primera es la llanura costera, la segunda esta integrada por la sierra madre, y la tercera última corresponde a los Altiplanos. La población de Sontecomapan pertenece a los grupos huastecos que se distribuyen a lo largo de la franja costera del Golfo, los cuales forman parte del área cultural de Mesoamérica relacionados físico y lingüísticamente con los pueblos mayas, los huastecos desarrollan desde el formato tardío un patrón de asentamiento, en el que aparecen sitios con plataformas circulares rellenas de lodo y piedra, las cuales servían para desplantar ahí los templos y viviendas.

La casa huasteca: Chozas de planta redonda y techo cónico cubierto con zacate o palma, la estructura del techo descansa en horcones de madera; las paredes están construidas con varas dispuestas verticalmente y atadas con bejucos, las cuales generalmente se recubren con barro para mejor sellamiento. Tiene una sola entrada cubierta con una puerta de varas o de madera. El piso es de tierra apisonada. El interior es bastante amplio y en él están tanto el dormitorio y la cocina. Duermen por lo general sobre petates o esteras en el suelo, que durante el día permanecen enrollados contra las paredes. En algunas ocasiones se suelen ver camas de otate y cunas para los niños que cuelgan de las vigas, la ropa se guarda en cajones de madera o baúles, cerca de las piedras del fogón colocan las ollas, cazuelas, jarros de barro, cucharas de madera, bateas, comales, metate y molcajete.

Ejemplo de viviendas veracruzanas de planta circular, (fotografías tomadas en la comunidad de la Mancha, Veracruz)



Fig. 113, detalle exterior de la casa



Fig. 114, acercamiento de la fachada



Fig. 115, interior del techo



Fig. 116, exterior del techo

Entre las viviendas campesinas de clima tropical, es interesante la casa redonda de techo cónico hecha con muros de otate o bahareque⁶ y techo de palma; tiene la ventaja de que los muros de bahareque son herméticos, debido a su forma redonda no importa cual sea la dirección del viento, siempre se mantiene ventilada.

⁵ Página del capítulo I de este documento

La vivienda campesina, como es el caso de esta investigación, esta íntimamente relacionada con los materiales y recursos determinados por la ecología de cada lugar y con las técnicas constructivas que la tradición cultural de cada región apunta. Durante siglos, los campesinos han requerido construir con los materiales que encuentran a la mano y utilizando su propio esfuerzo. Por ello el empleo de cualquier material parte de su abundancia en la zona, de la facilidad de extracción y transporte y de su experiencia para utilizarlo.

Vivienda propuesta

La forma de la casa no es únicamente el resultado de unas fuerzas físicas o de un solo factor casual, sino la consecuencia de una serie de factores socioculturales, ambientales y de diseño arquitectónico.

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 termino a los materiales reciclables.

La vivienda prototipo tendrá un diseño confortable, moderno y funcional, para que un núcleo familiar conformado por 6 personas⁷ la pueda habitar de manera cómoda y sin hacinamientos, la superficie total de construcción es de 120 m², cuenta con estancia, comedor, tres recamaras con closet en cada una de ellas, cocina con estufa de leña y estufa solar, un sanitario seco, área de regadera, área de lavado y tendido de ropa.

El desarrollo de la vivienda responde a los requerimientos y necesidades de los usuarios, y se anticipa al futuro al prever la evolución de la familia que la habita y el uso que se le dará en cada una de las fases de la vida de esta, previendo este futuro se propone que la casa se construya con módulos independientes que permitan aumentar los espacios existentes.

Distribución de espacios: La casa esta 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 mts. y un closet.

La estructura de la cocina y comedor, tiene un diámetro de 7.5 mts., 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

⁶ Bahareque, es un término con el que se designa a las viviendas cuyos muros están contruidos de cañas y barro, a los largo de todo el estado de Veracruz existen viviendas con este sistema.

⁷ Promedio de Índice familiar obtenido con base a encuestas realizadas en la zona

consta de una regadera, y en la parte exterior un lavadero para lavarse las manos y lavar ropa. Cada una de las estructuras de los sanitarios tiene un diámetro de 3.00 mts.

Sistema constructivo: Estructuralmente la casa se resuelve por medio de columnas y trabes de bambú *Guadua Aculeata*, las columnas se harán con las partes basales y las trabes se harán con las partes medias, entre las columnas se colocan y fijan mediante pernos las trabes 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 embarre 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 esta 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 doblada por su base para tener mejor estabilidad y se deja que sobresalga de las llantas enterradas aproximadamente 75 cms para recibir la columna., posteriormente se colocan sobre las llantas enterradas, otras tres llantas en la superficie, siguiendo el mismo procedimiento de rellenarlas con tierra compacta, durante este proceso se coloca boca abajo y cortada por su base una botella de plástico de 15 cms. de diámetro en la varilla que recibirá la columna de bambú, las llantas que sobresalen se cubren con embarre 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, una vez que la columna se ha colocado en su posición se rellenan la botella de plástico y los entrenodos 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*

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 la 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 emplearán 3 tipos de paneles: panel de muro de bahareque con mosquitero
panel de ventana de otate con mosquitero
panel de puerta de otate con mosquitero

Panel de muro de bahareque con mosquitero: Muros: 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 elabora un marco de 2.70 mts. de altura X 1.40 mts. 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 cms. 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.

Panel de ventana de otate de ½" con mosquitero: con piezas de otate de 1" de diámetro se elabora un marco de 2.70 mts. de altura X 1.40 mts. 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 una no, estas piezas se amarran al marco con mecates, en las partes superior e inferior del marco se dejan 50 cms. libres sin colocar cintas 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 mts. de altura X 1.40 mts. 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 una no, estas piezas se amarran al marco con mecates, en las partes superior e inferior del marco se dejan 50 cms. libres sin colocar cintas de otate, ya que en estos espacios se pondrá tela de mosquitero, sobre la superficie exterior del panel en donde no hay mosquitero se colocará un petate tejido con esterillas de otate, una vez que se tiene elaborado el marco se fija con pernos y tuercas a las columnas, esto se hace para

evitar la entrada de lluvia, sol, y polvo al interior de la casa, el panel se usa para la puerta de acceso y para cubrir la parte externa de las ventanas.

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 mts. simulando ser ramas, la cubierta esta constituida por una superficie reglada de forma rectangular con 9.00 mts. de lado, su sistema constructivo consta de un marco construido con 8 piezas medias de Guadua Aculeata de 10 cms. de diámetro aproximado, sobre este marco se va formando un bastidor con piezas de Otate de 1" de espesor separadas a cada 20 cms., las cuales se van amarrando con mecate al marco, sobre estas piezas de otate se coloca la cubierta de palma.

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 esta formada por paneles modulares de 3.00 mts. x 3.00 mts., cada panel esta conformado por un marco construido con piezas medias de Guadua Aculeata de 10 cms. de diámetro aproximado, las cuatro piezas que forman el marco así como una pieza intermedia se fijan entre sí con pernos y tuercas, rellenando 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. Ya que se tiene el panel se fija a las columnas con pernos y tuercas, rellenando con resina orgánica los entrenodos en donde se forman las uniones. El andador del sanitario seco cuenta con cuatro paneles, mientras que el sanitario seco y el aula cuentan con 3 paneles cada uno.

Tabla 8

ELEMENTO	UBICACIÓN	MEDIDAS mts.	CANTIDAD
Cubierta cónica	Dormitorios	7.00 diámetro	3
	Cocina	9.00 diámetro	1
	Sanitarios	3.50 diámetro	2
Cubierta inclinada	Andadores	3.00 x 12.00	1
		3.00 x 9.00	2
Cubierta reglada	Ecoárea	5.00 x 5.00	2
	Área de secado		16
	Almacén		24
	Aula Taller		5
Cubierta rectangular	Patio central		1
Panel para muro	Vivienda	2.70 x 1.40	32

Panel para ventana	Vivienda	2.70 x 1.40	33
Panel para puerta de acceso	Vivienda	2.70 x 1.40	7
Panel para puerta de ventana	Vivienda	2.70 x 1.40	33

3.10 Propuesta, aportación e innovación del proyecto

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.

La aportación del proyecto es haber realizado pruebas mecánicas de la especie *Guadua Aculeata*, en especímenes recolectados del sitio de estudio para demostrar la resistencia del material con el que se piensa trabajar, 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.

Así como la propuesta de involucrar como parte del sistema constructivo del bambú la integración de materiales reciclados, como el uso de llantas recicladas de automóvil para conformar la cimentación de las columnas, el uso de botellas de plástico rellenas con resina orgánica para sujetar las columnas de bambú, y el uso de latas de aluminio para conformar el interior de los muros, esto se hace con la intención de aprovechar de manera sustentable los recursos existentes en la zona y no generar desperdicios.

La innovación del proyecto es que los entrenodos de las uniones y conexiones de las piezas de bambú, se rellenen con resina orgánica en lugar de rellenos 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.

3.11 Planos generales

Figura 117, plano donde se observa la distribución general de los espacios que conforman el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú.

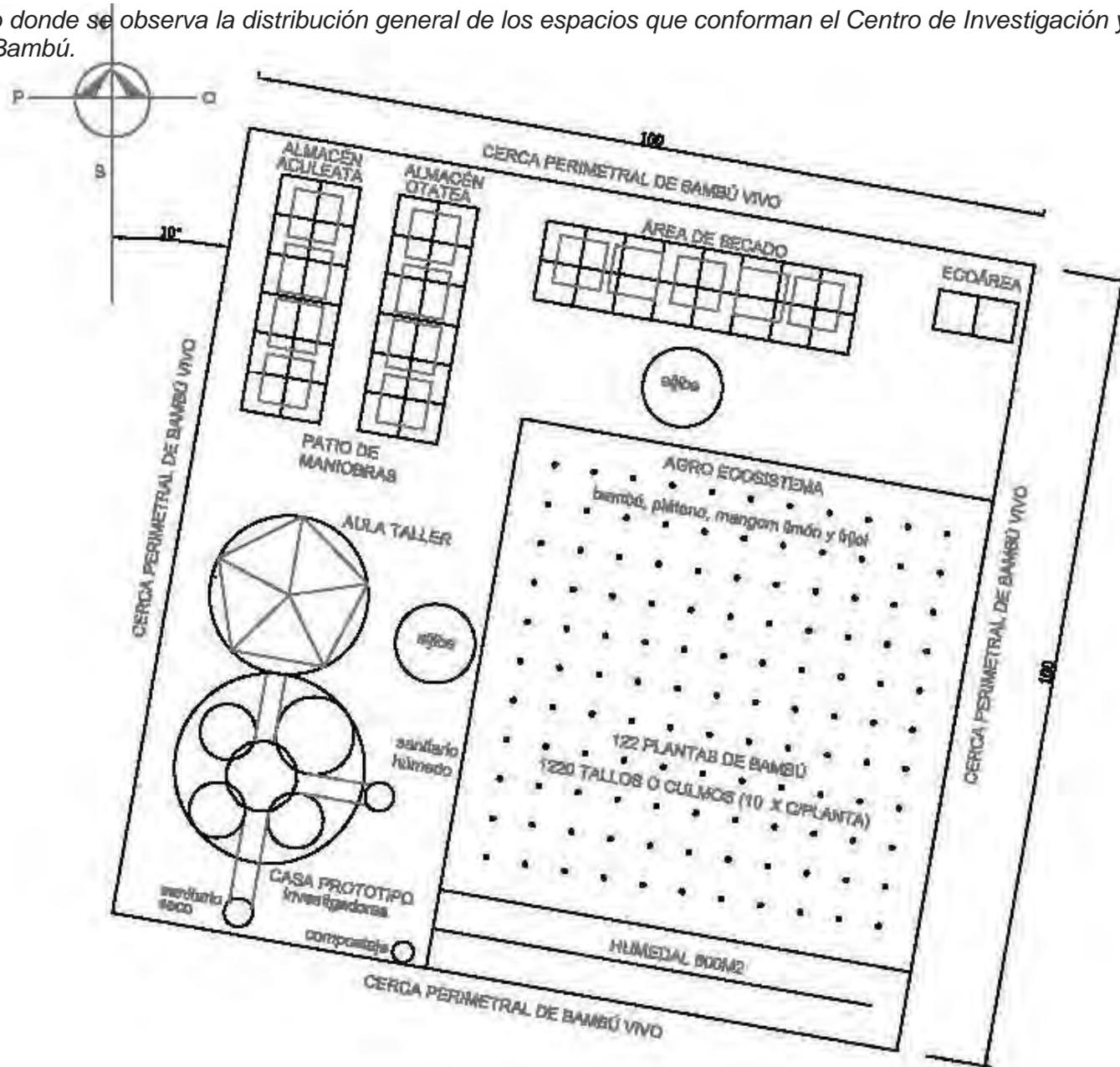


Figura 118, planta general de la Ecoárea

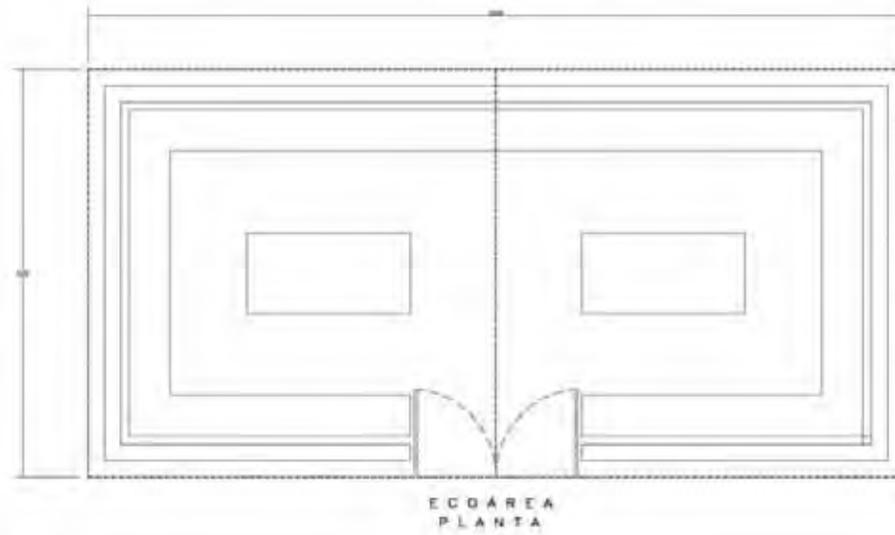


Figura 119, planta general del Área de Secado

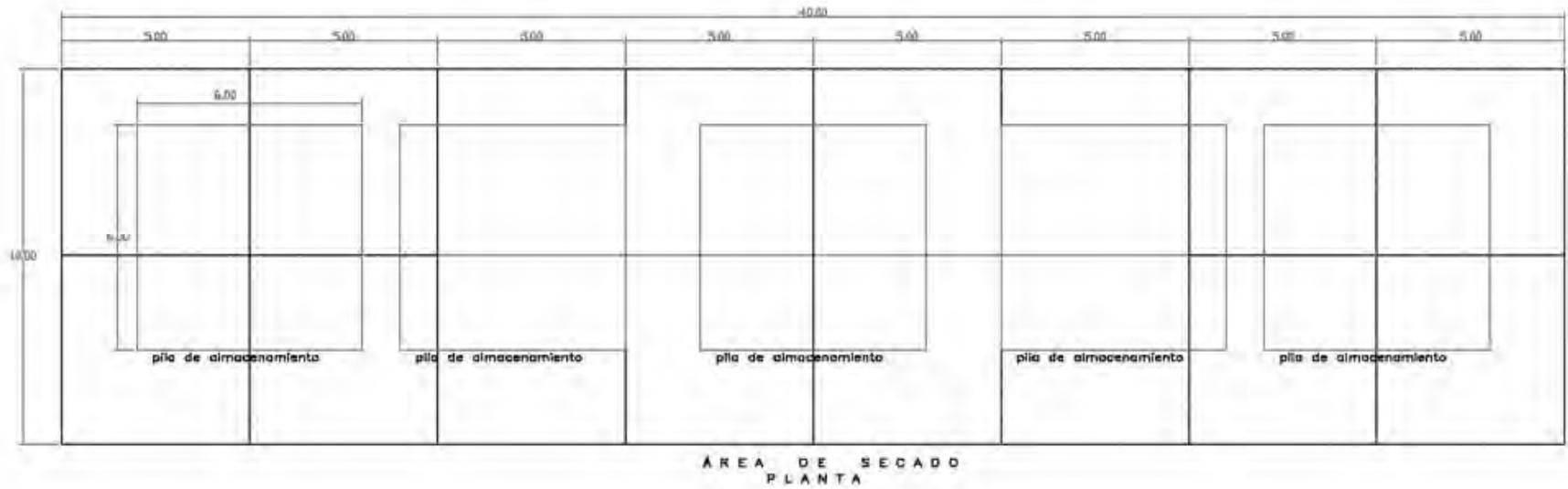


Figura 120, planta general, del Almacén

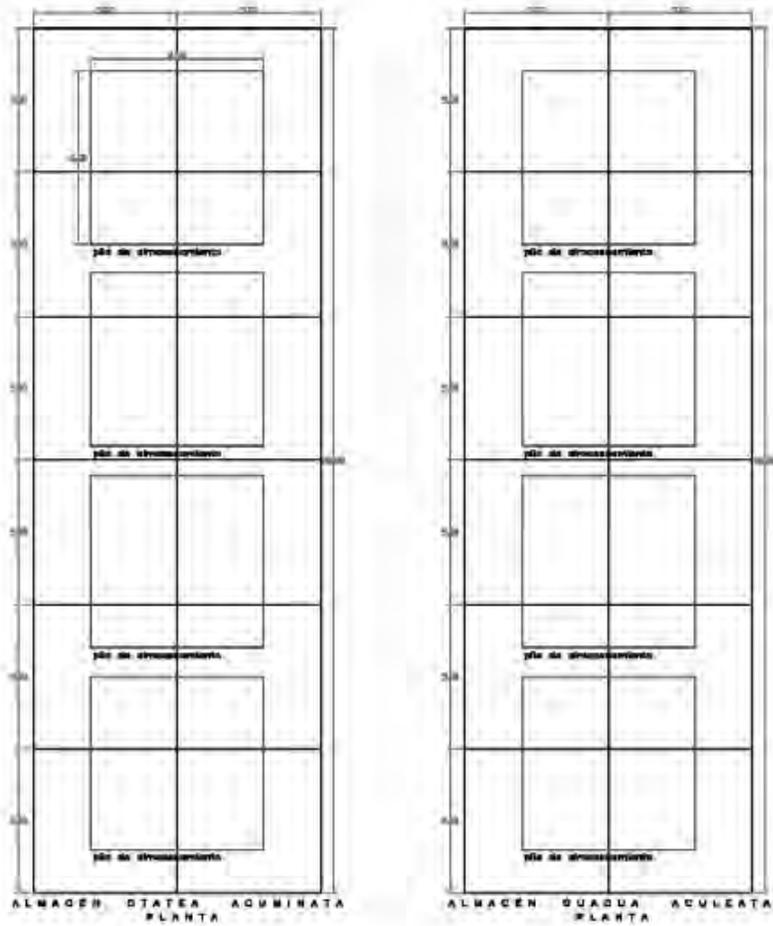


Figura 121, planta general del Aula Taller

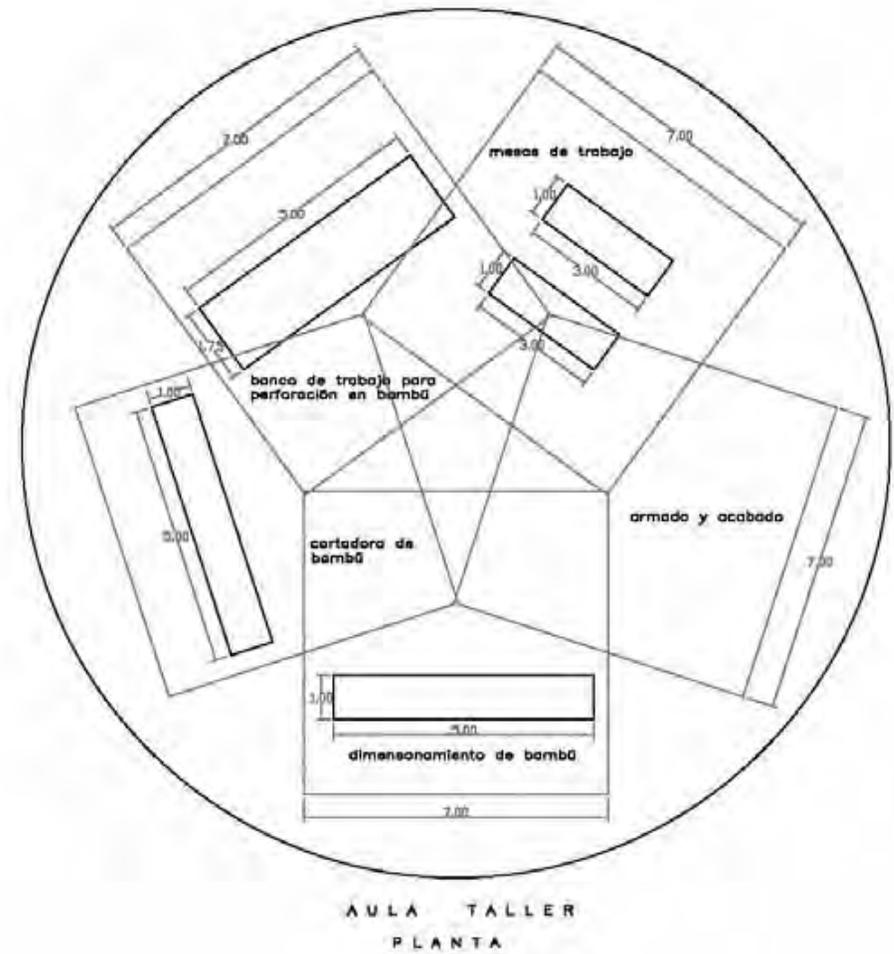
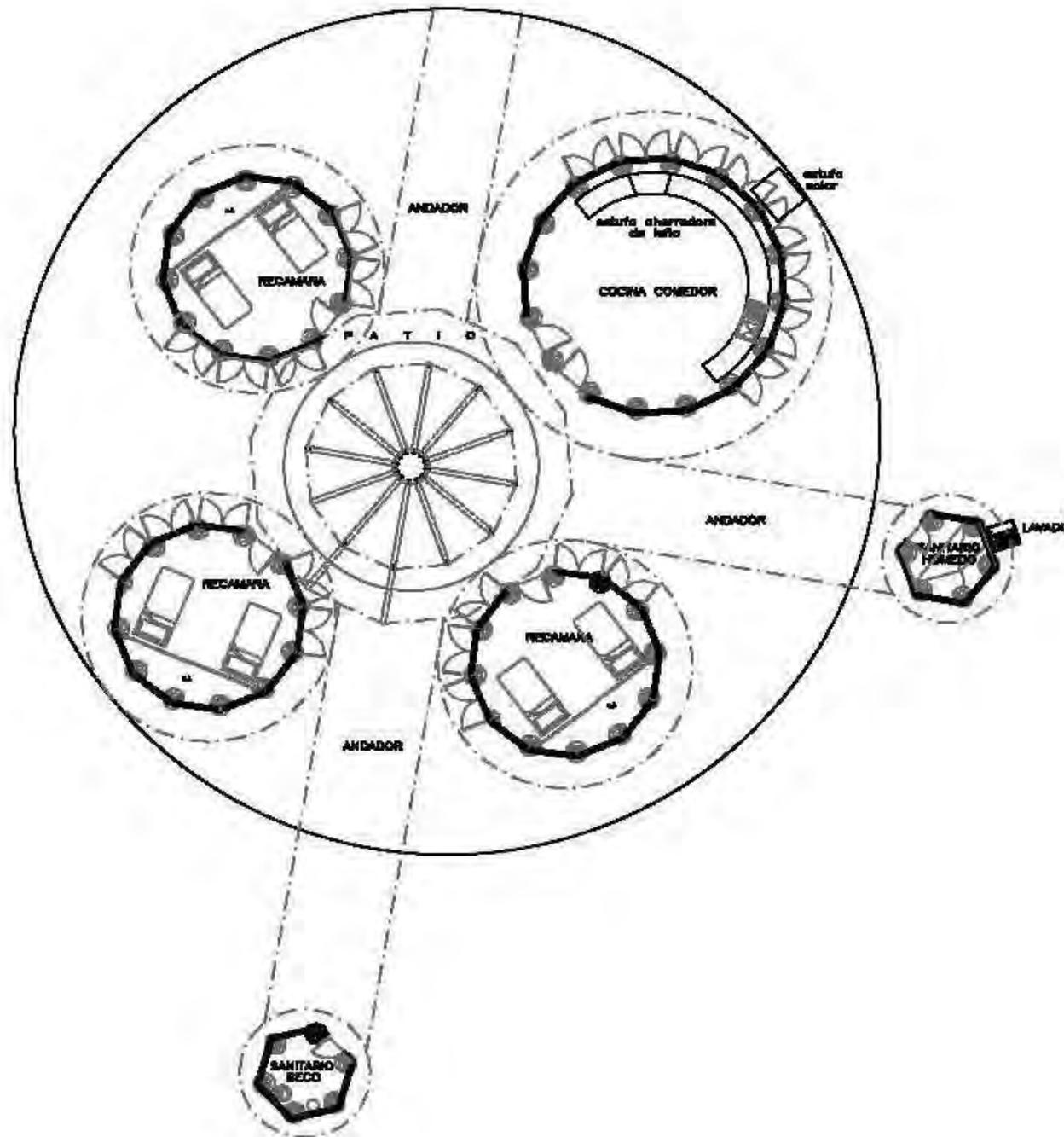


Figura 122, planos generales en donde se observan la planta general, y planta de techos del Prototipo de Vivienda



cubierta de faja de palma

postes inclinados a 45° elaborados con la parte media de bambú guadua aculeata

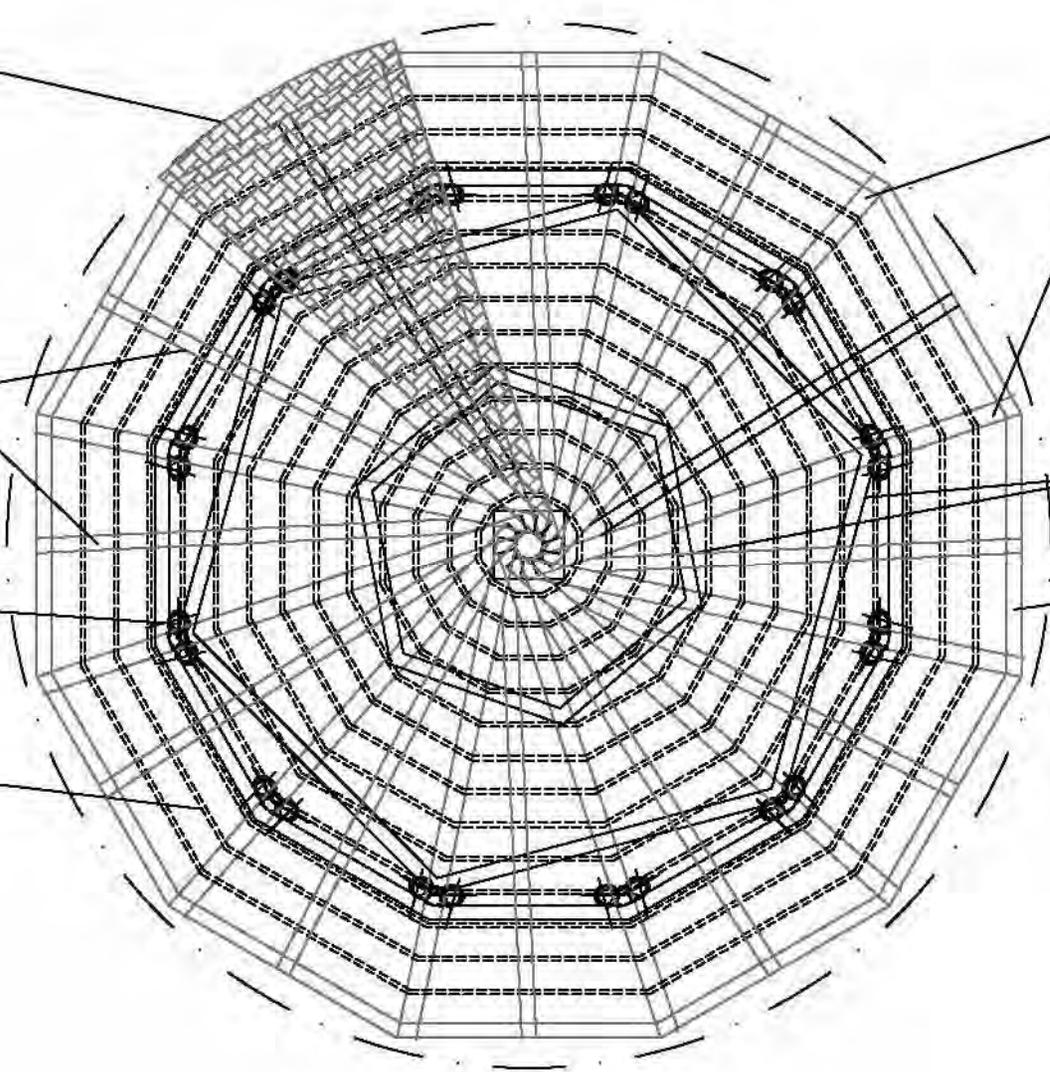
torapuntas inclinados elaborados con la parte media de bambú guadua aculeata

vigas auxiliares elaboradas con la parte media de guadua aculeata

columnas elaboradas con los plenos de la parte basal de guadua aculeata

vigas elaboradas con la parte media de guadua aculeata

cintas de bambú elaboradas con la parte basal de bambú guadua aculeata para conformar el anillo de tensión en la cubierta



PLANTA DE TECHOS

3.12 Detalles constructivos (elementos modulares de bambú)

Figura 123, detalles de la cimentación

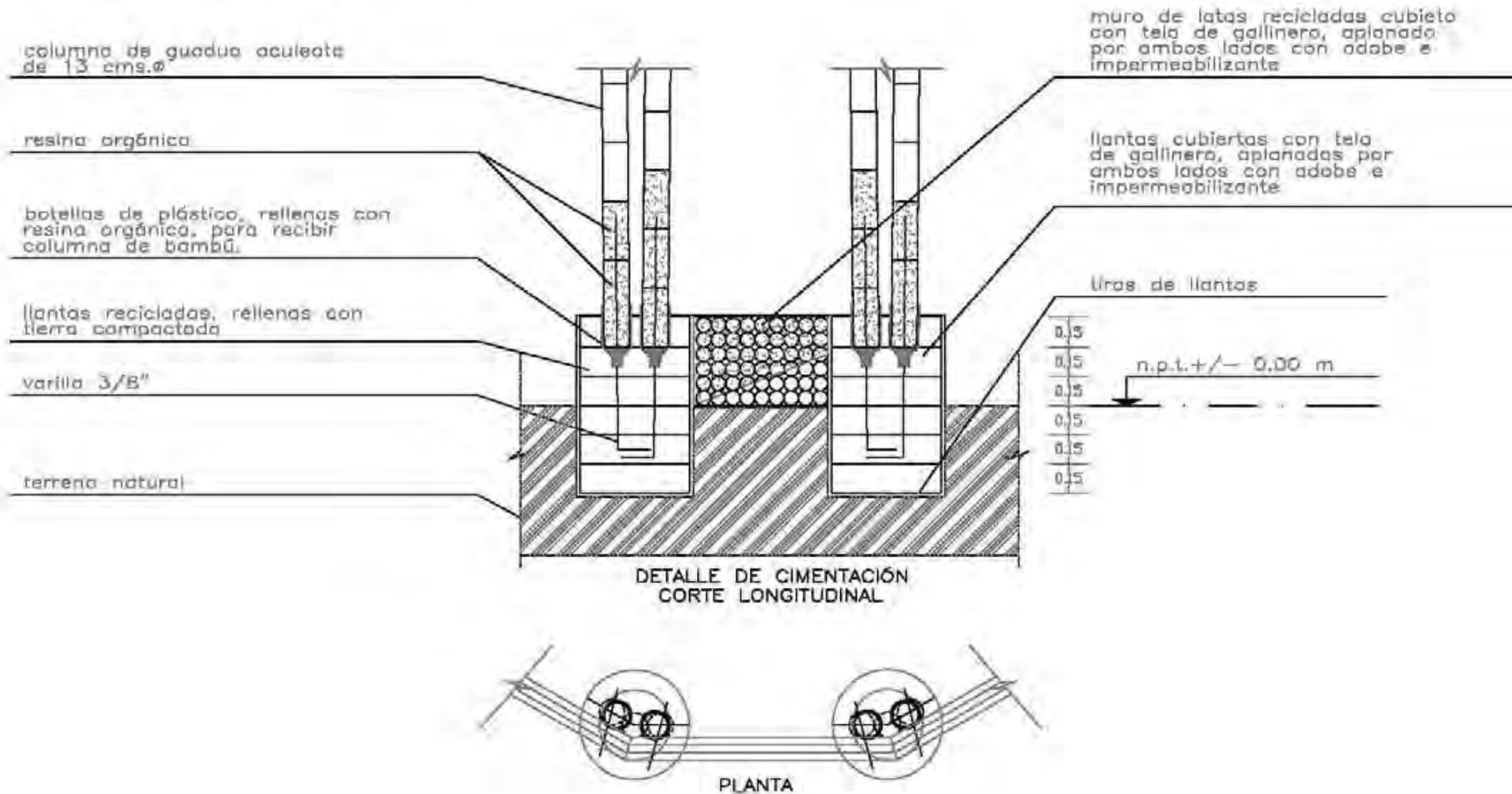


Figura 124, detalles del panel de muro de bahareque

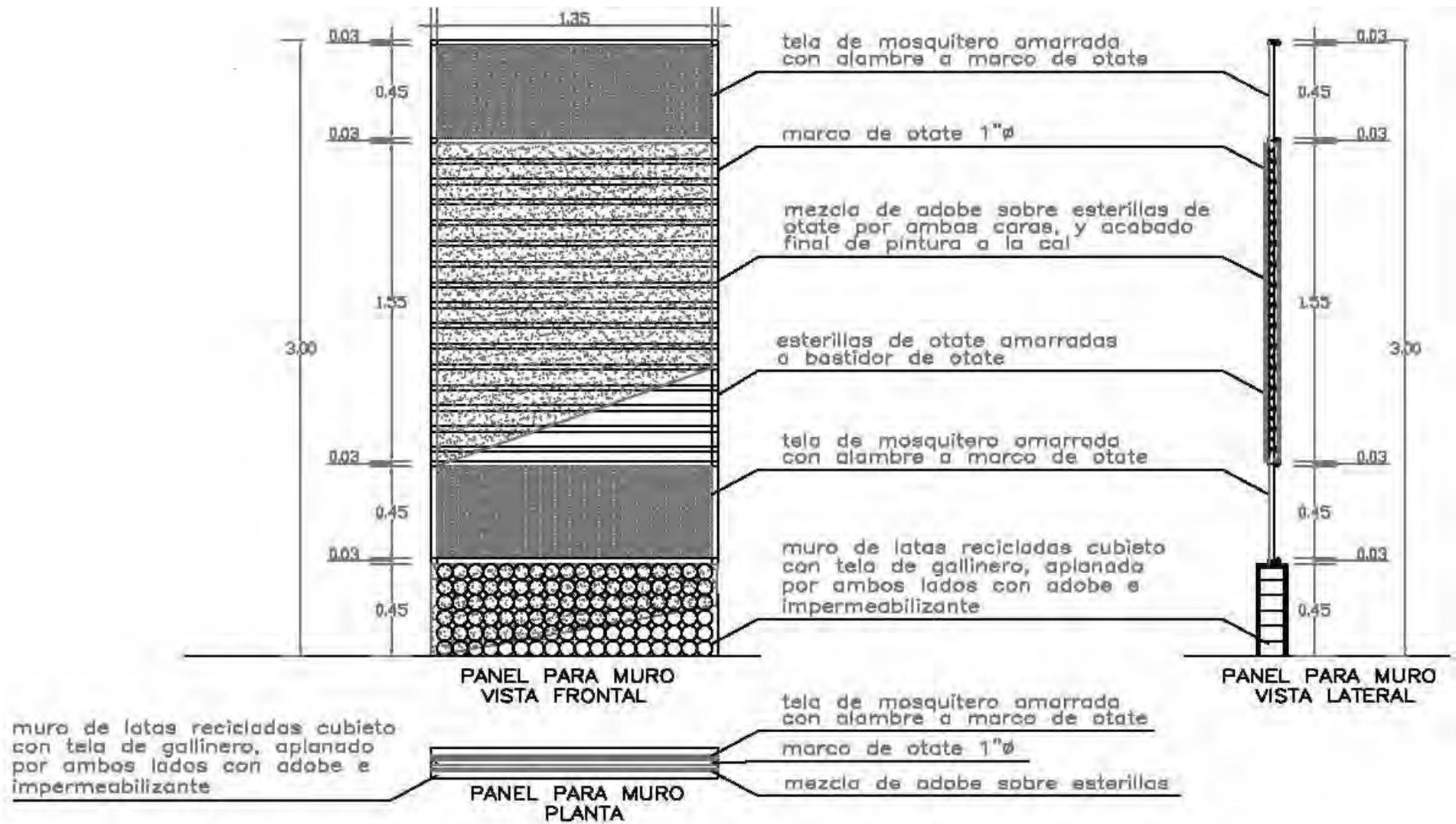


Figura 125, detalles del panel de ventana

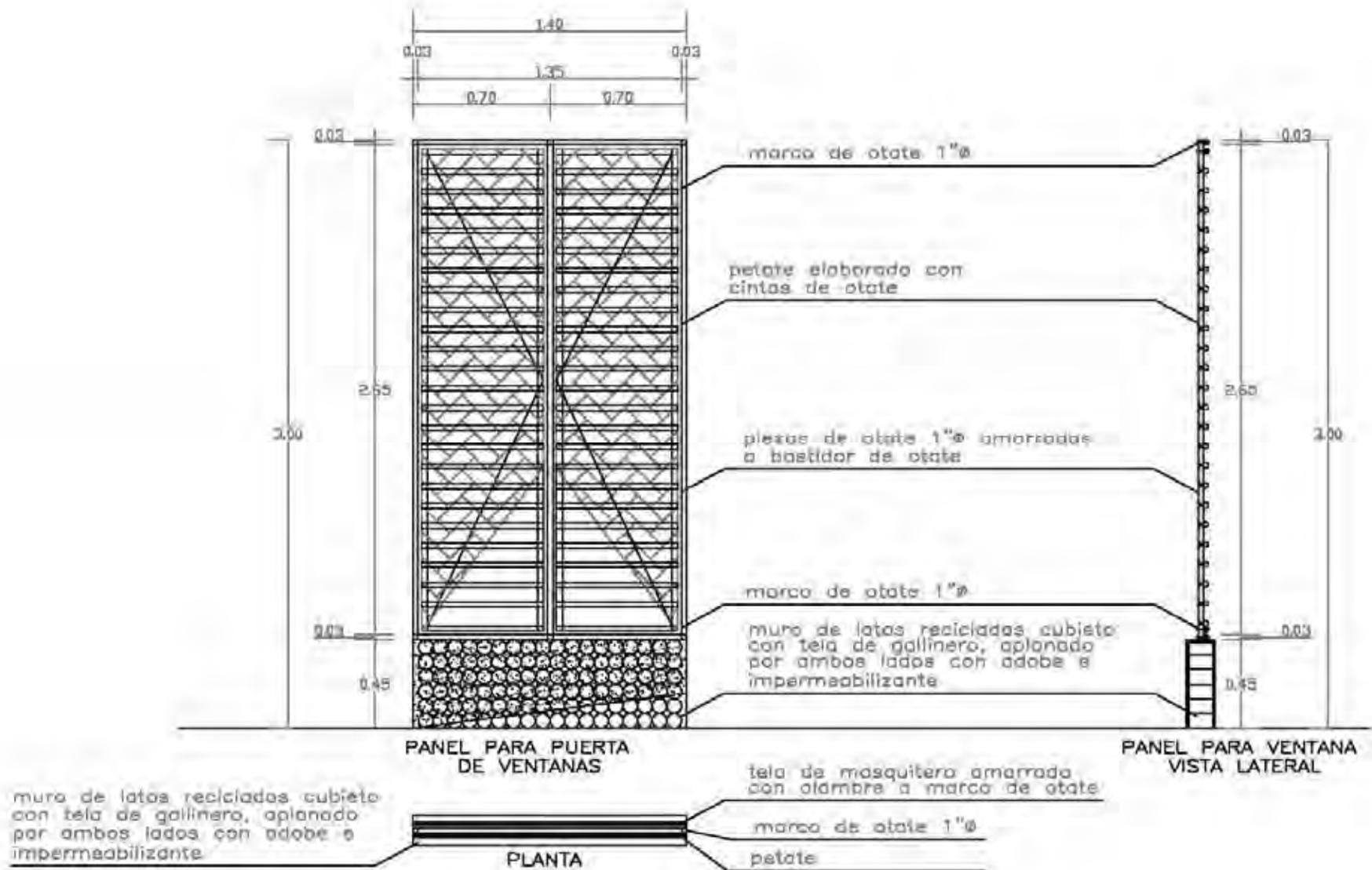


Figura 126, detalles del panel de puerta de acceso

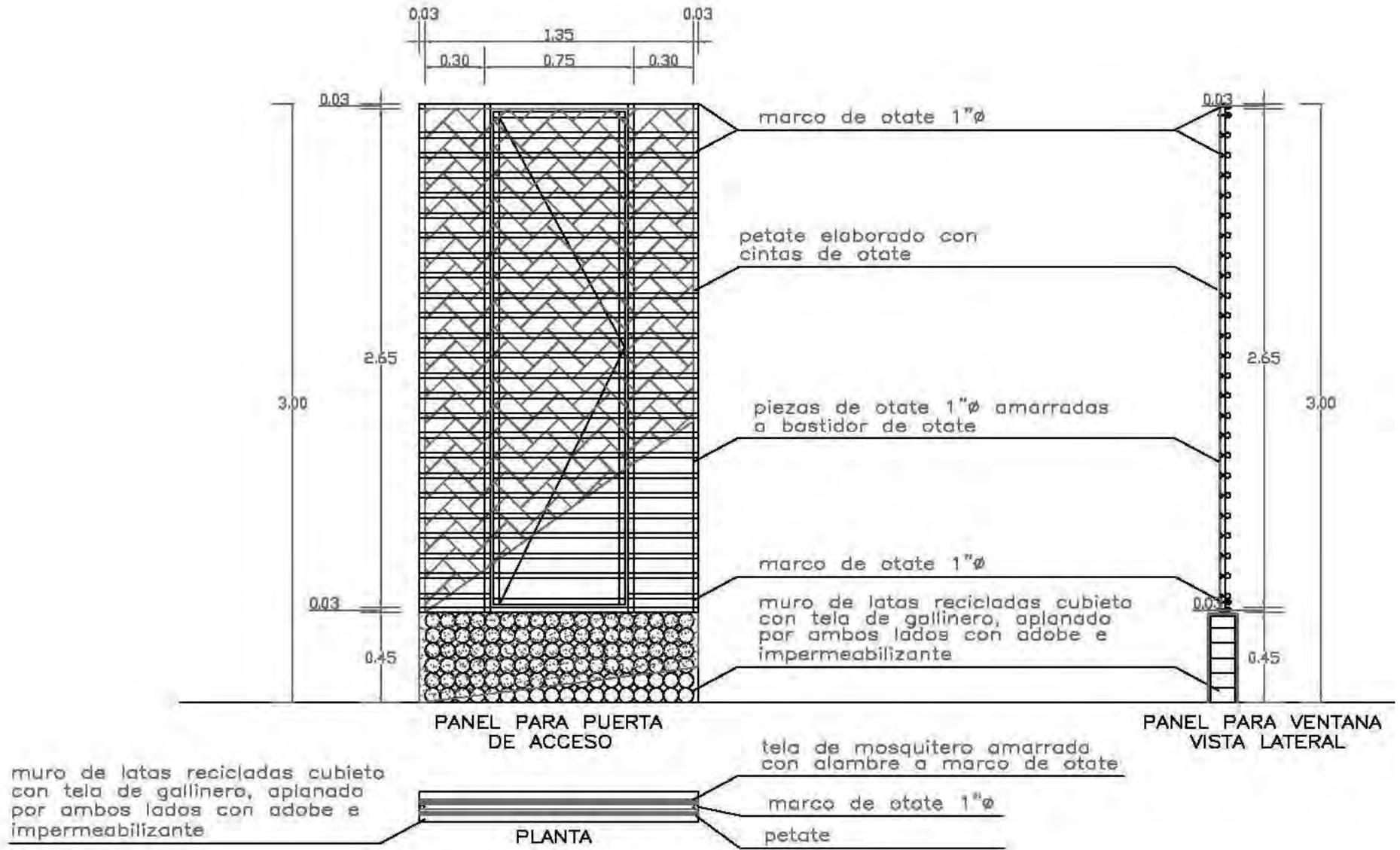


Figura 127 detalles del panel de puerta para ventanas

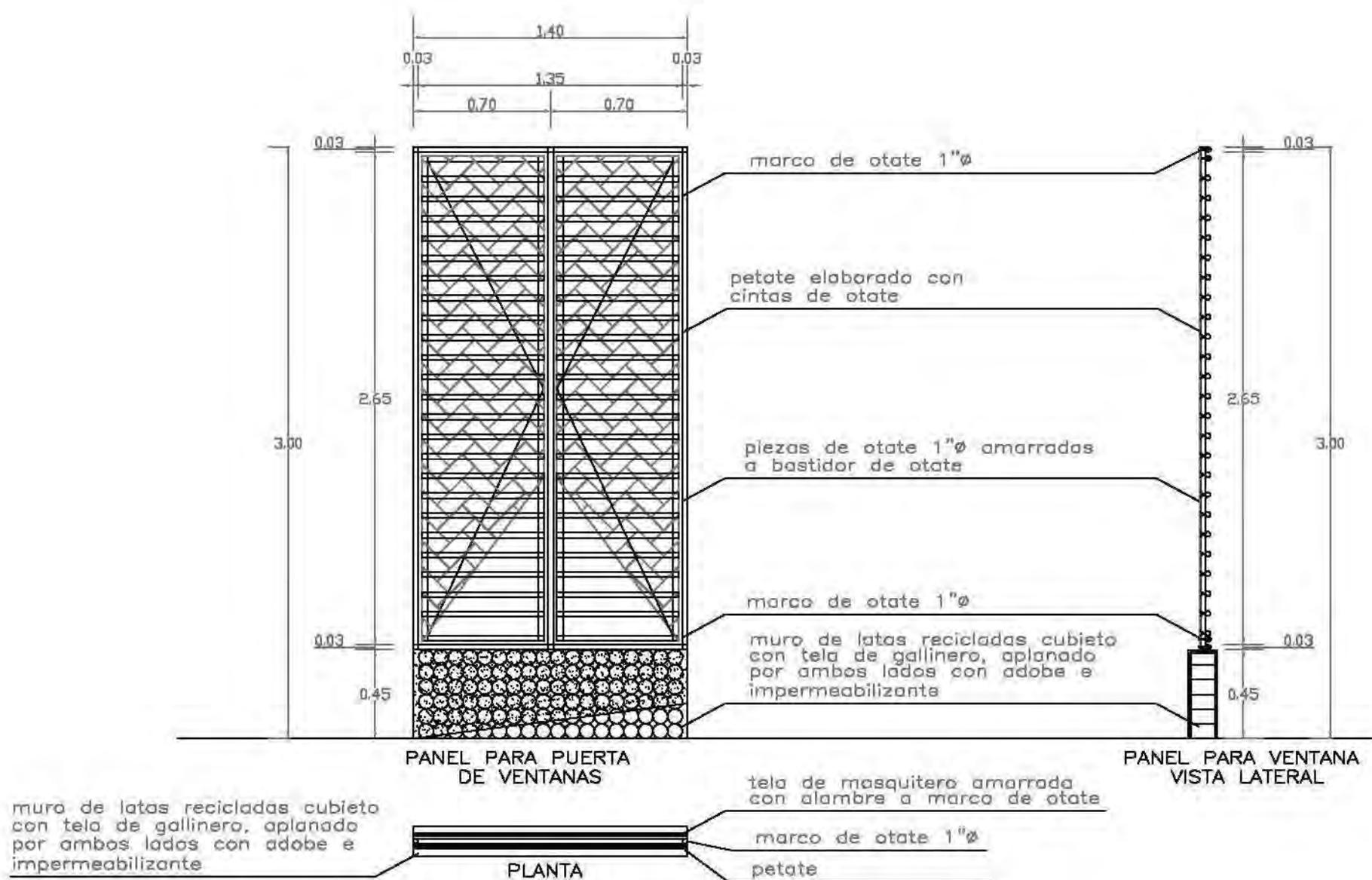
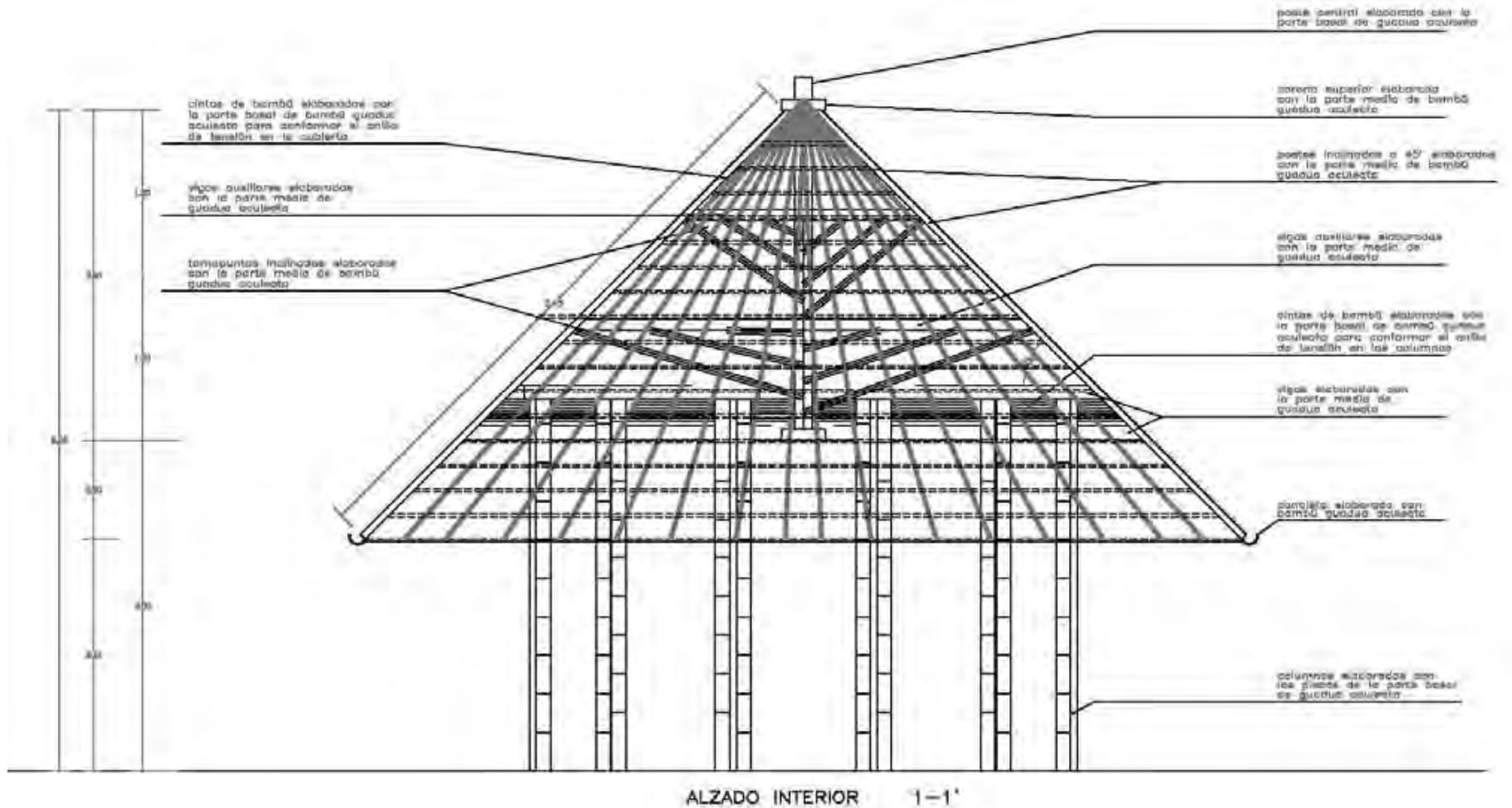


Figura 128, detalles de la cubierta cónica



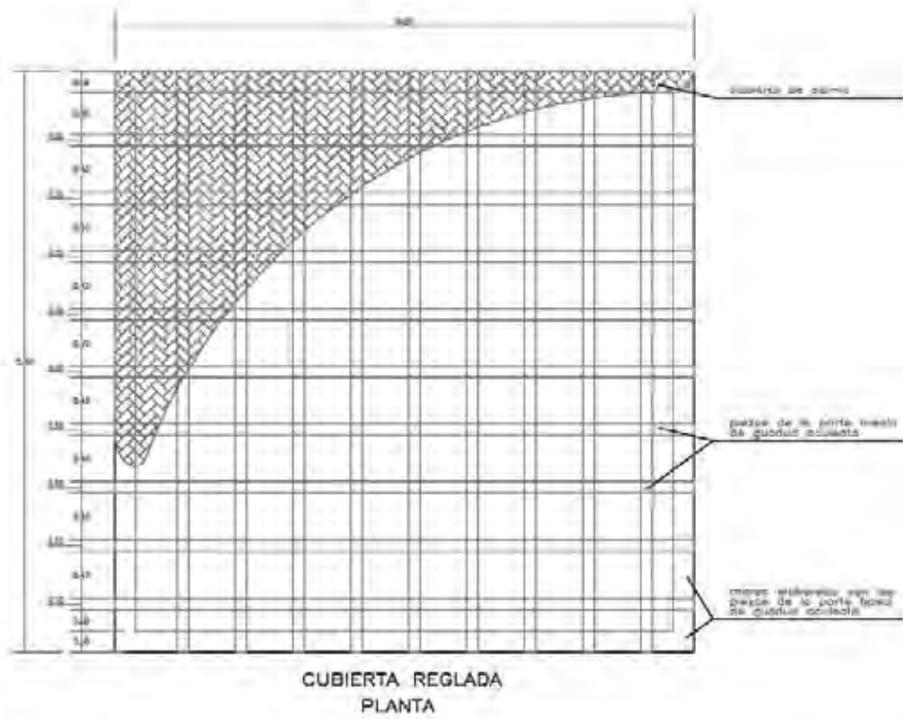


Figura 129, detalles de la cubierta reglada

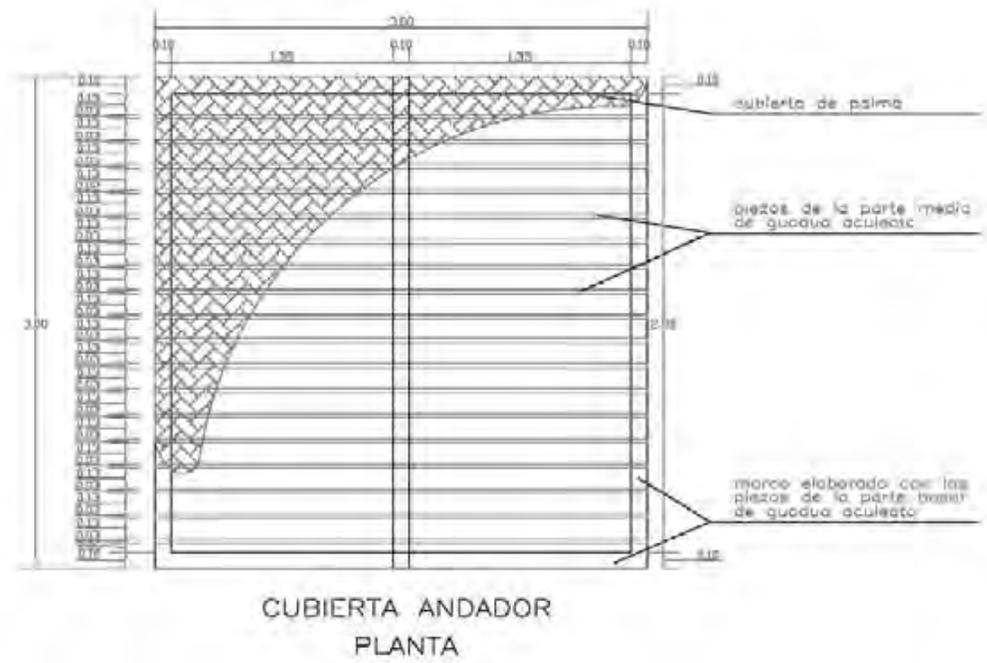
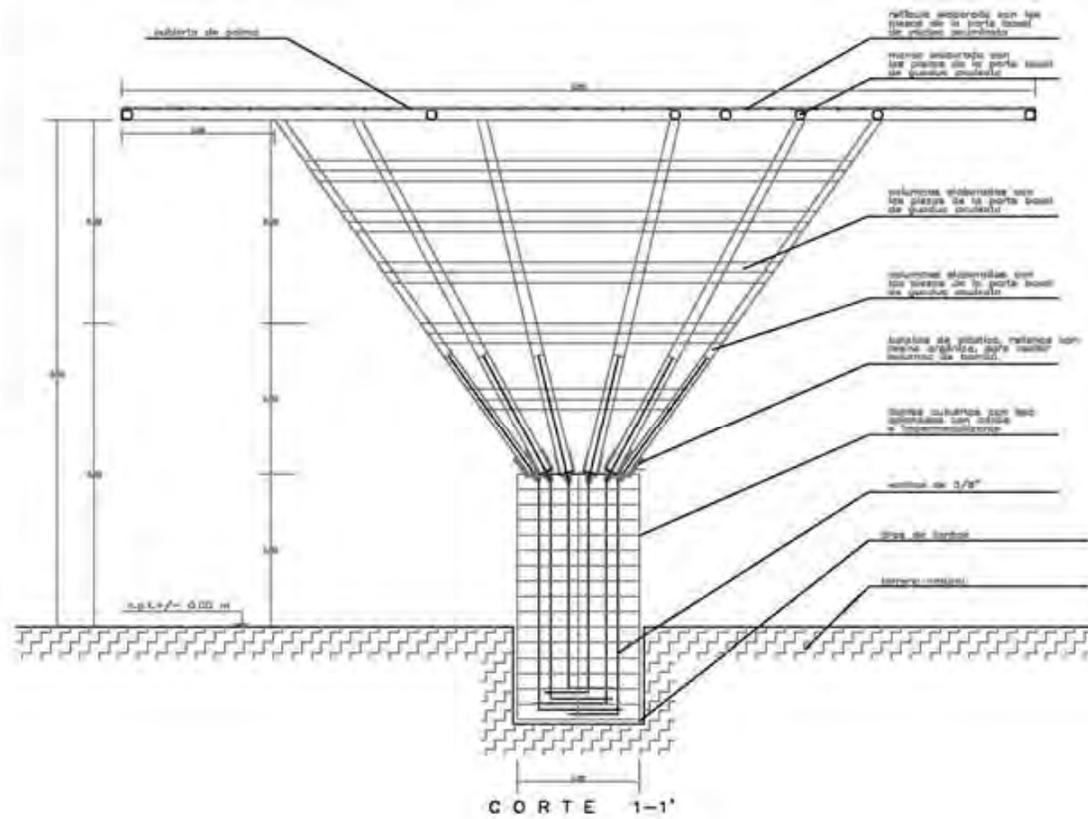
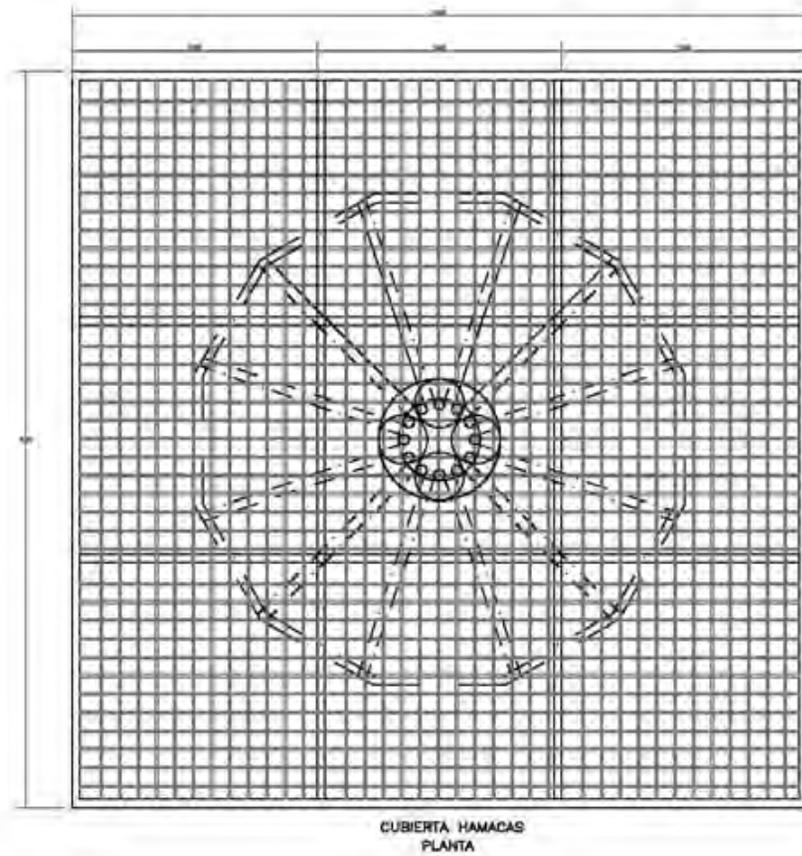


Figura 130, detalles de la cubierta del andador

Figura 131, detalles de la cubierta del patio central



3.13 Perspectivas

Figura 132, vistas generales del Conjunto

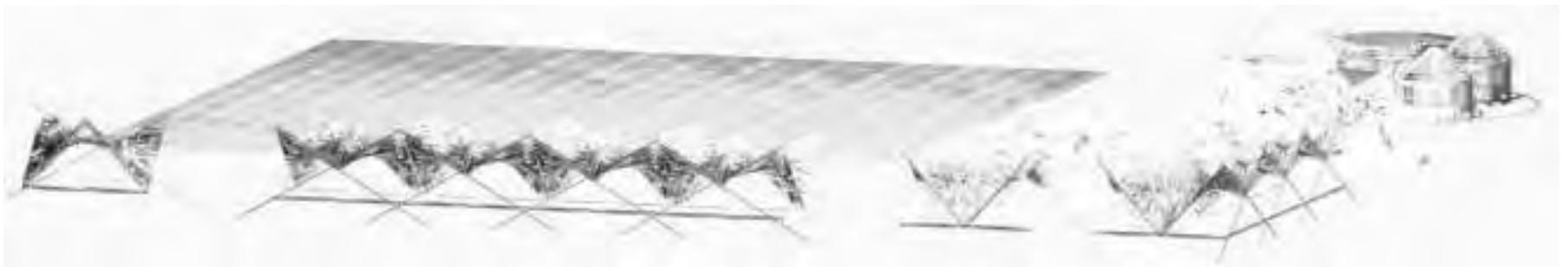


Figura 133, vistas renderizadas generales del Módulo Base de Estructura Reglada

MÓDULO BÁSICO DE ESTRUCTURA REGLADA, CONSTA DE BASE CUADRADA DE 5.00 MTS. DE LADO

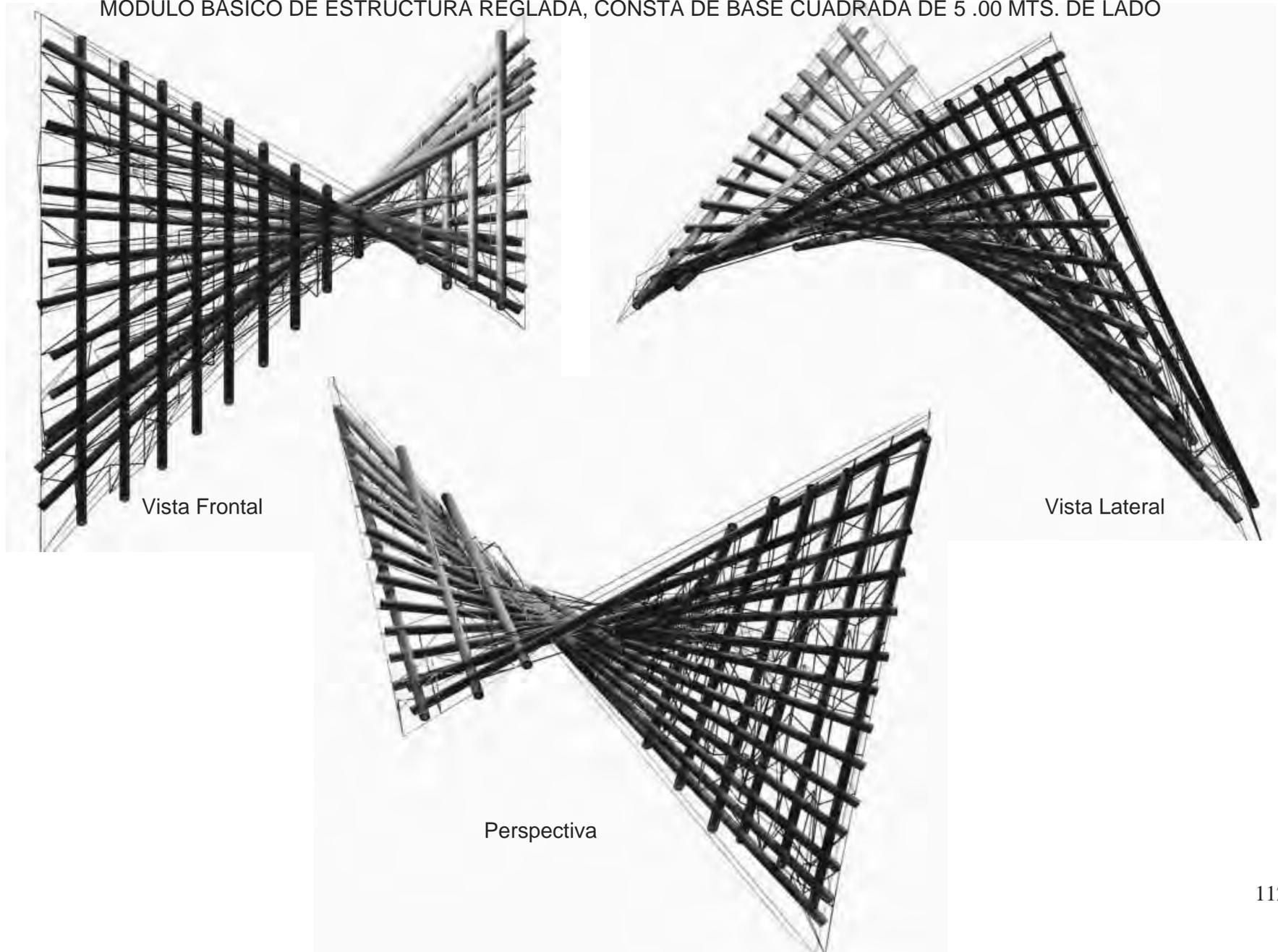


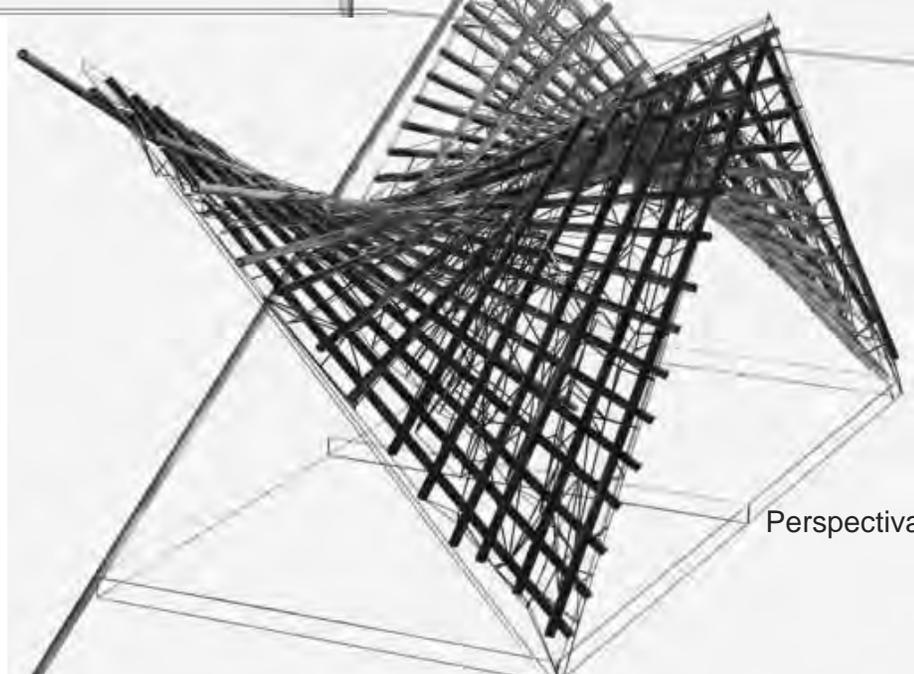
Figura 134, vistas renderizadas generales de la estructura para la Ecoárea

ESTRUCTURA PARA ECOÁREA, (2 MÓDULOS DE ESTRUCTURA REGLADA)



Vista Lateral

Vista Frontal



Perspectiva

Figura 135, vista renderizada de la estructura para el Área de Secado

ESTRUCTURA PARA EL ÁREA DE SECADO (8 MÓDULOS DE ESTRUCTURA REGLADA)

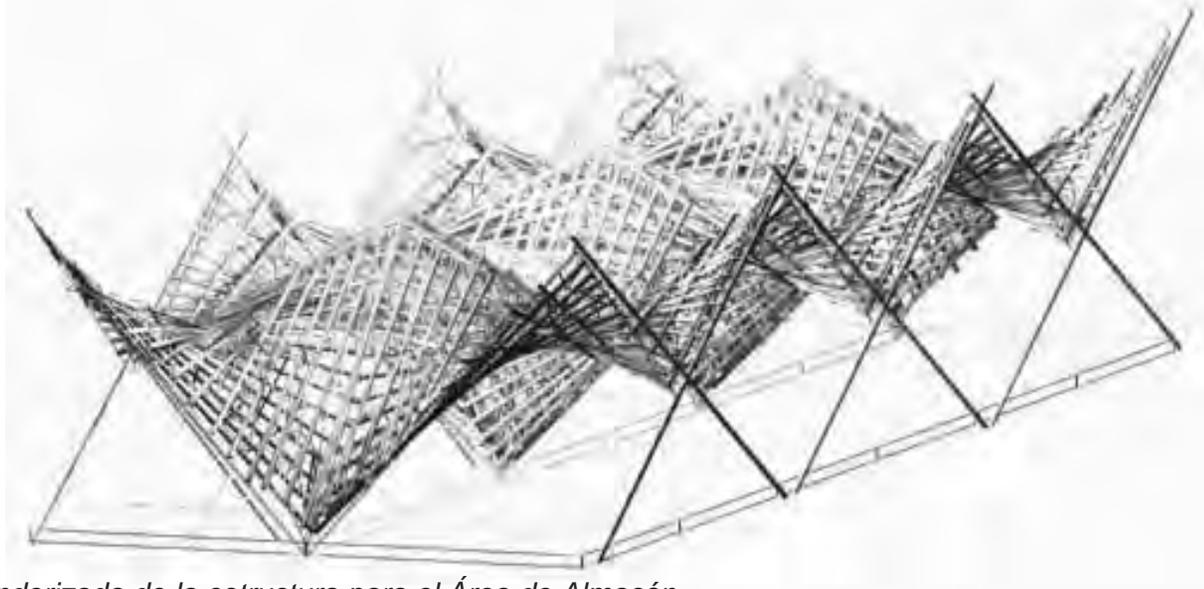


Figura 136, vista renderizada de la estructura para el Área de Almacén

ESTRUCTURA PARA EL ÁREA DE ALMACÉN (16 MÓDULOS DE ESTRUCTURA REGLADA)

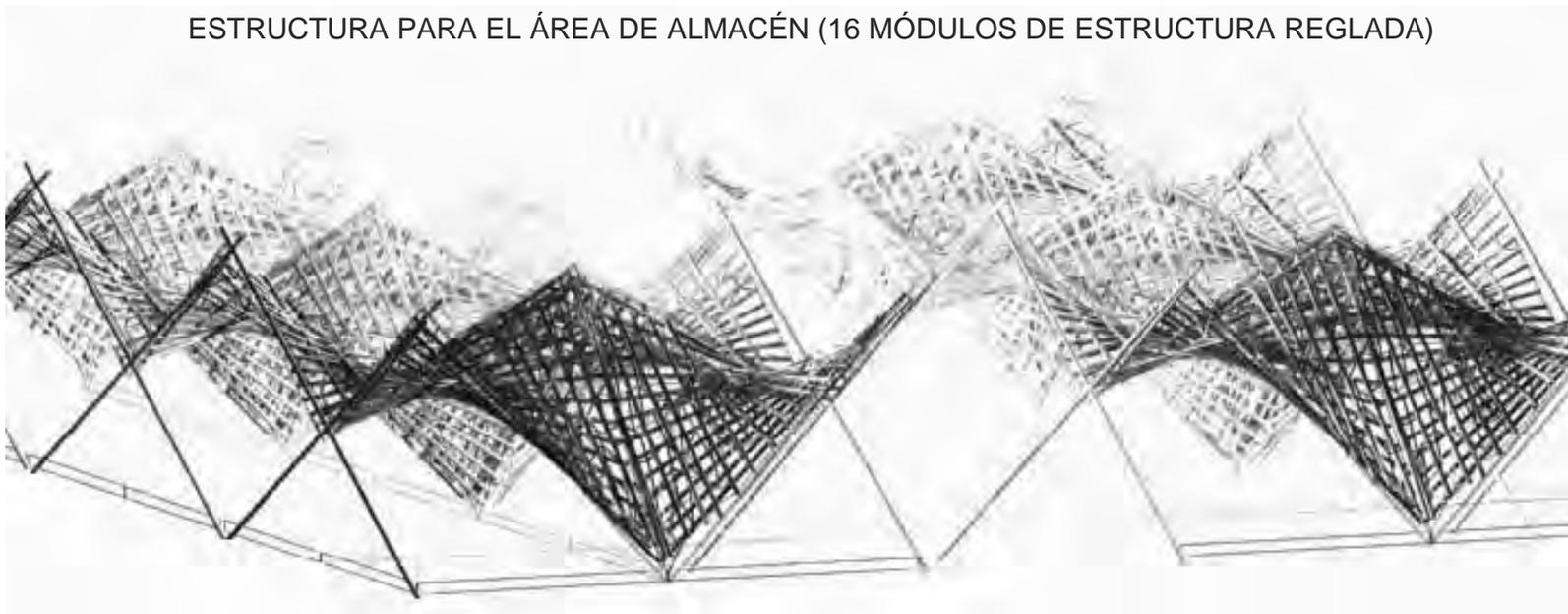


Figura 137, vista renderizada de la estructura para el Aula Taller

ESTRUCTURA PARA EL AULA TALLER (5 MÓDULOS DE ESTRUCTURA REGLADA)

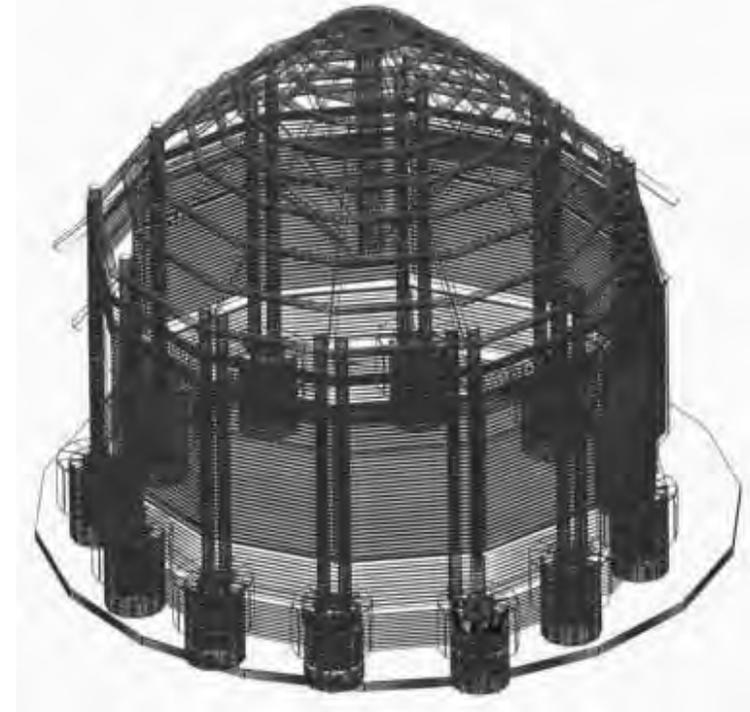
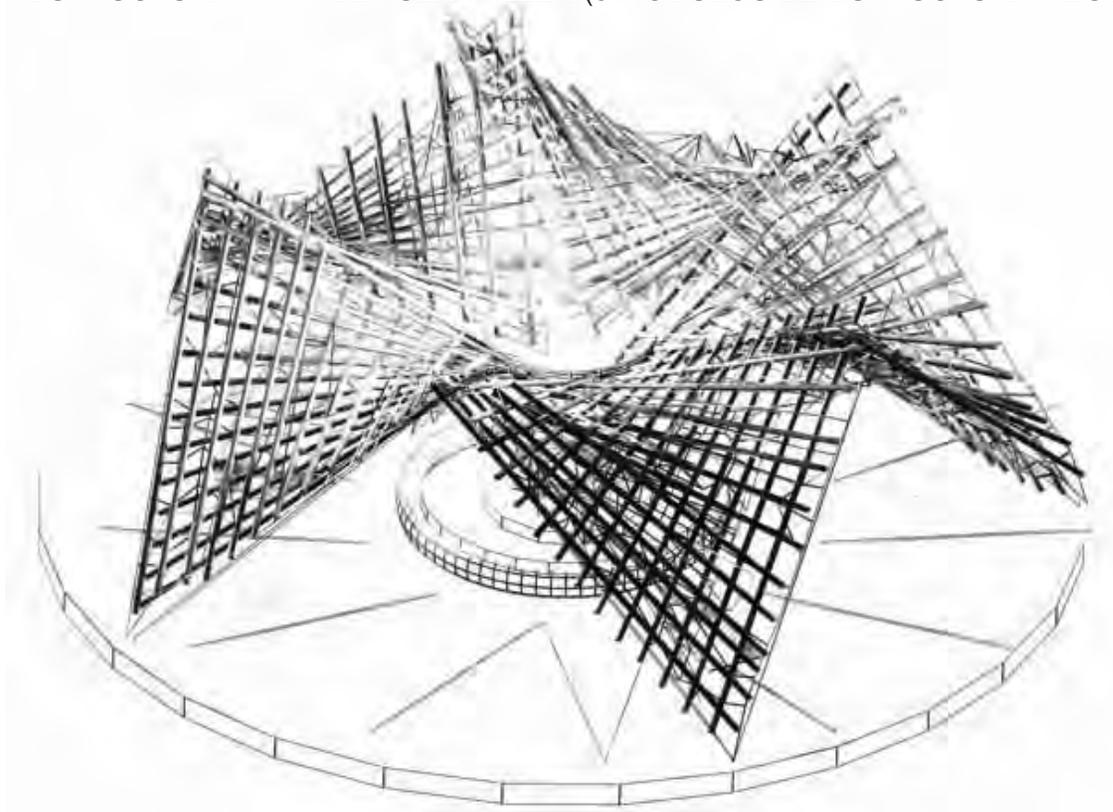


Figura 138, vista renderizada de la estructura de la estructura circular
ESTRUCTURA CIRCULAR PARA VIVIENDA PROTOTIPO

Figura 139, vistas renderizadas de la Vivienda Prrototipo

ESTRUCTURAS QUE CONFORMAN LA VIVIENDA PROTOTIPO

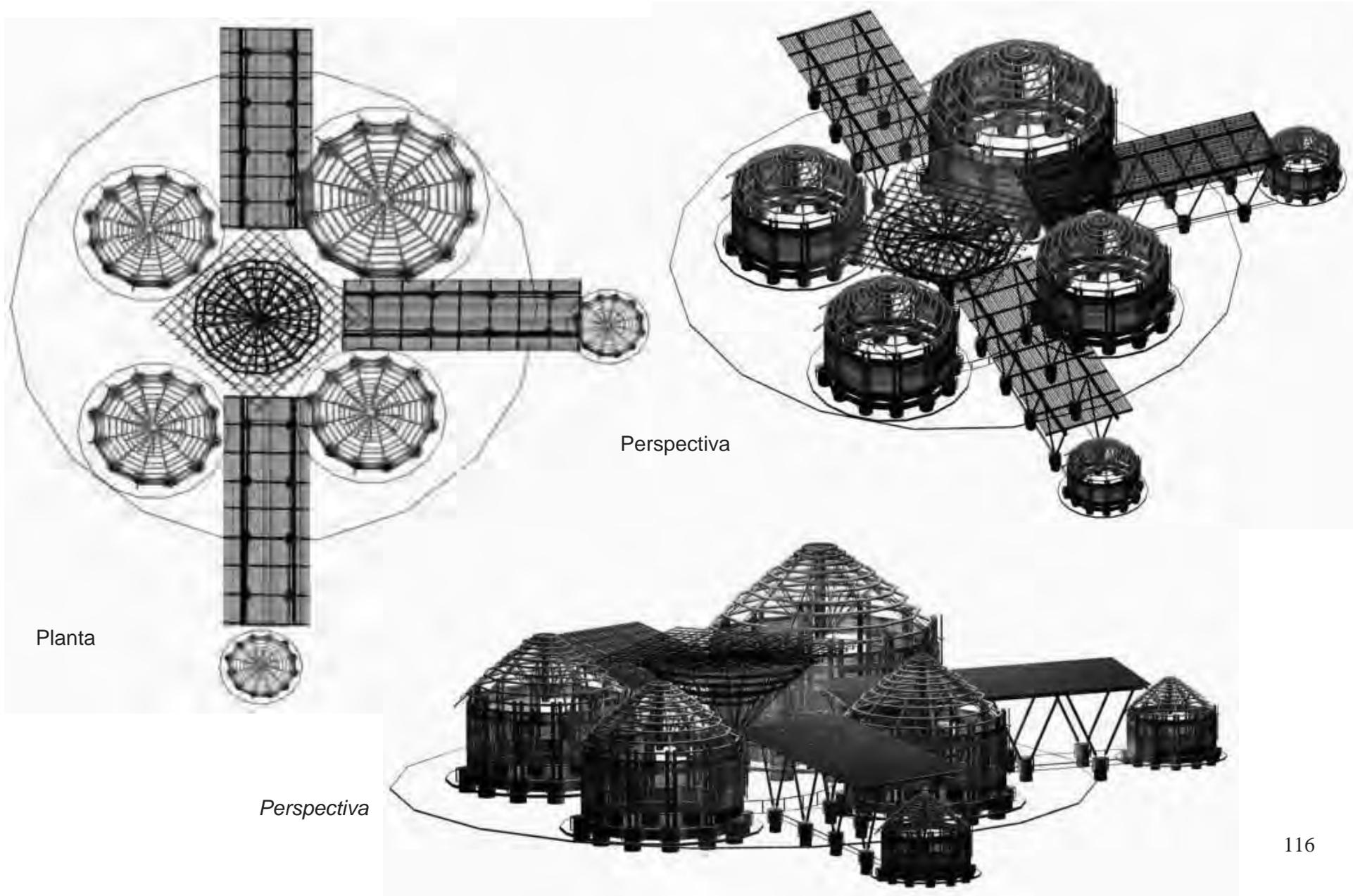


Figura 140, vista renderizada de la estructura para el Patio Central

ESTRUCTURA PARA EL PATIO CENTRAL, ÁREA DE HAMACAS

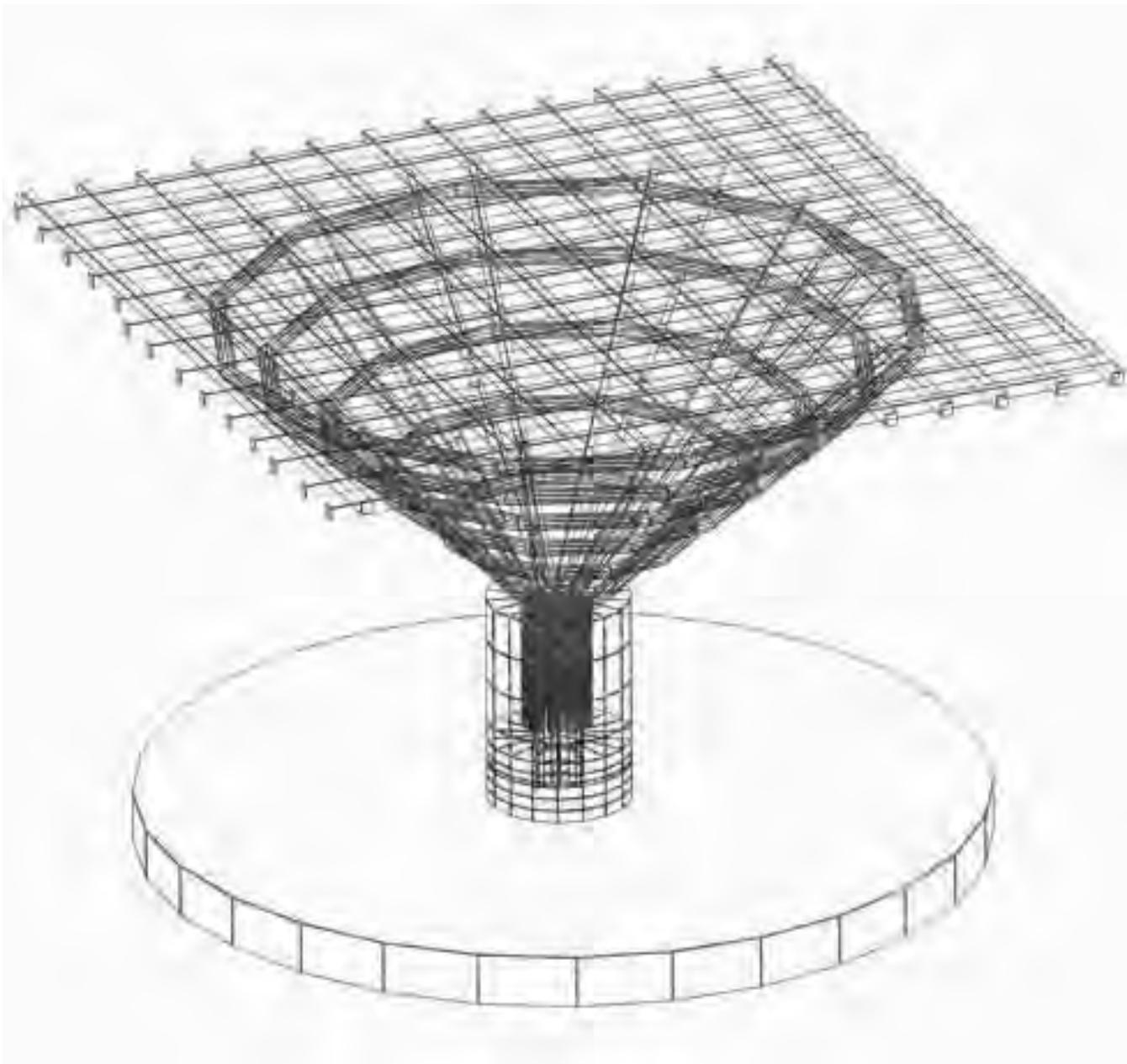
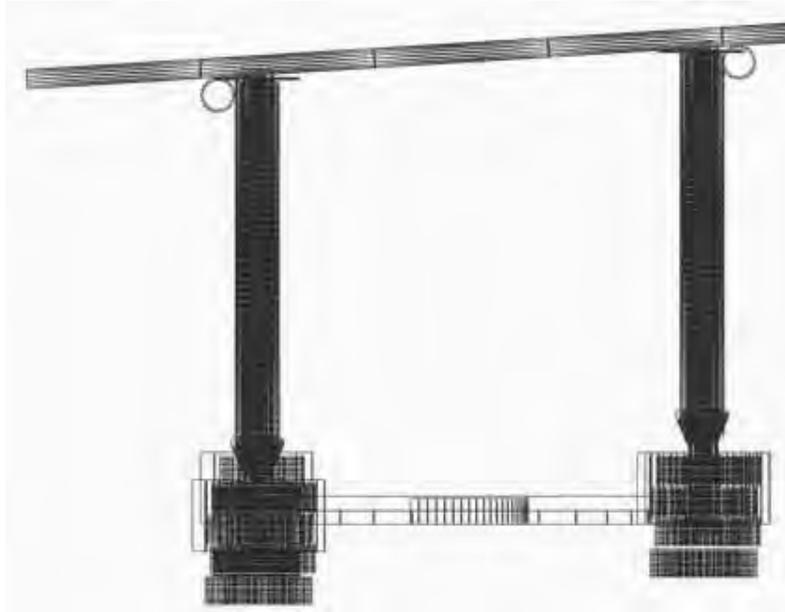
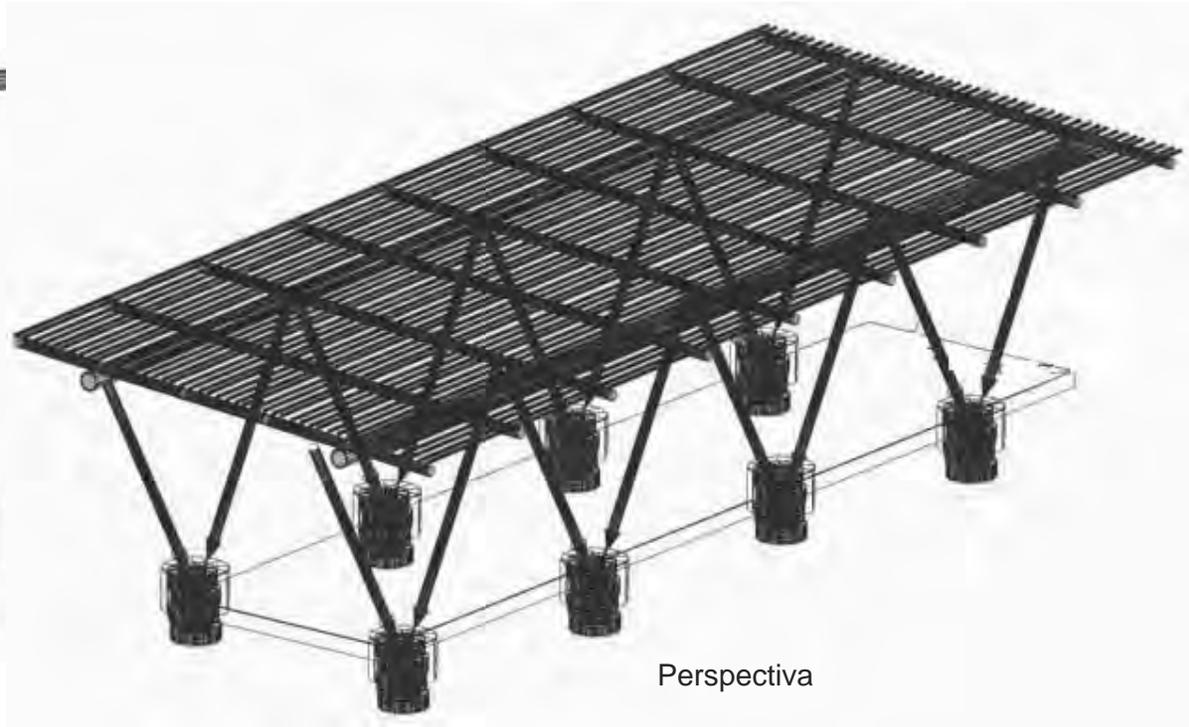


Figura 141, vistas renderizadas de la estructura para la Cubierta de Andadores

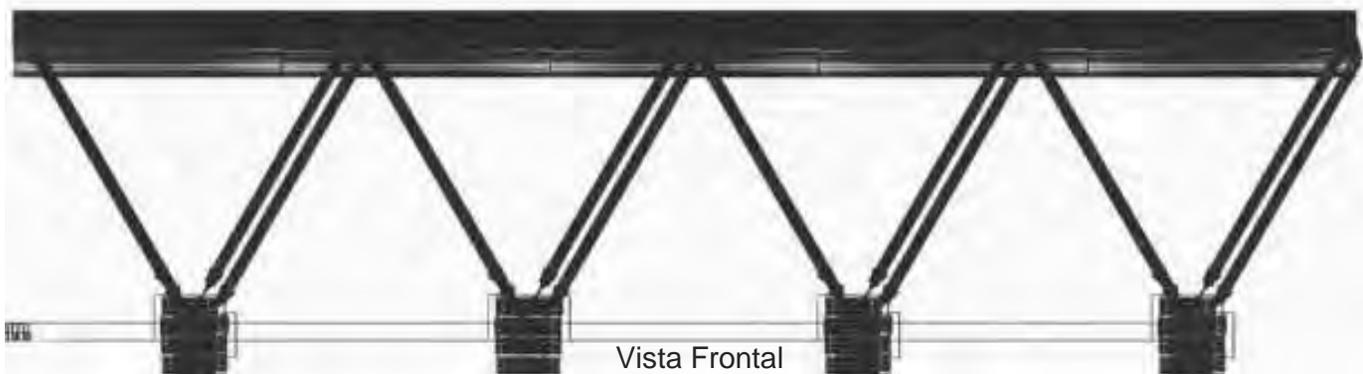
ESTRUCTURA PARA CUBIERTA DE ANDADORES



Vista Lateral



Perspectiva



Vista Frontal

3.14 Conceptos generales de utilización de recursos naturales e instalaciones (Ecotecnias aplicables al proyecto)

El proyecto del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, pretende ser autosustentable económica, social y ecológicamente, por lo que contara con:

Energía solar	Estufas solares. Deshidratadores solares.
Estufas ahorradoras	Ahorrar leña
Agua	Recolección de agua pluvial. Humedal artificial, para tratamiento de aguas grises.
Manejo de desechos	Separar, recuperar, vender, (la basura no se verá como desperdicio, sino como negocio) Basura orgánica: compostas y lombricompostas Basura inorgánica: vidrio, papel, cartón, plásticos, latas, metales, papel, tela. Centro de acopio para desechos inorgánicos
Sanitarios secos	Ahorrar agua, evitar desagüe de aguas negras. Fabricar compostas. Crear abono para uso propio y para venta.
Arquitectura Bioclimática	Cuidar la orientación, ventilación, uso de materiales de la región.

Energía solar

Estufas solares: son de cómoda elaboración, con un costo de mantenimiento muy bajo, pueden usarse para cocer y/o hornear alimentos, para preparar bebidas calientes y para secar frutas, mantienen la comida caliente hasta por 3 horas, los alimentos pierden menos vitaminas ya que necesitan menos agua (aproximadamente 2/3 menos) para la cocción de alimentos. Permiten cocinar comida y pasteurizar agua para hacerla potable, utilizando únicamente la energía gratuita del sol, ya que es una energía renovable. Se usará un modelo sencillo y de fácil elaboración.

Deshidratadores solares: Los productos hortofrutícolas pueden ser secados usando la radiación solar directa o indirecta, sencillos secadores directos pueden construirse con cribas en forma de bastidor que se colocan sobre bloques de bambú para permitir la circulación del aire por debajo de los productos. Una capa holgada de manta de cielo o de quesaería se coloca por encima de los productos para protegerlos contra insectos y pájaros.

Estufas ahorradoras de leña: A partir de trabajos de investigación sobre el consumo de leña en diferentes comunidades de la Sierra de Santa Marta, Veracruz, se estima que una familia con 5 miembros consume al menos 15 manos de leña por cada comida.

Si se toma en cuenta que cerca de 14,196 casas habitación de la Sierra de Santa Marta utilizan la leña como principal fuente energética, nos podremos dar cuenta del impacto que esto representa a las zonas de vegetación natural, sumado a esto, la parcelación de las tierras y el desmonte de las zonas forestales han aumentado la escasez y restringido el acceso a la leña.

Como alternativa al uso de estufas solares, se sugiere el uso de estufas ahorradoras de leña, ya que son un modelo que la población rural ha aceptado por su alta eficiencia para conservar el calor y la facilidad de adquirir los materiales para su construcción. Las estufas ahorradoras de leña permiten reducir el consumo de leña empleado en la preparación de alimentos, el tiempo de cocción de los alimentos, el humo en la cocina, el tiempo que la familia invierte en recolección de leña y, consecuentemente, contribuyen a reducir la deforestación.

En este caso se propone el diseño de estufa ahorradora de leña Lorena, debido a la buena aceptación que ha tenido a nivel comunitario en la Sierra de Santa Martha en Veracruz, por ser una tecnología que produce resultados concretos en un tiempo reducido, el éxito e impacto de las estufas ahorradoras de leña se ve reflejado en el número de estufas construidas, las cuales suman más de 900 estufas en la Sierra de Santa Marta. Por otro lado un indicador de la aceptación de esta tecnología en la región, es el hecho de que tanto organismos gubernamentales, como no gubernamentales en la región, estén adoptado y promoviendo la construcción de estufas ahorradoras.

Agua

Por la escasez de agua potable en la zona, se utilizara La captación de agua de lluvia, ya que es un medio fácil de obtener agua para consumo humano en aquellas zonas de alta o media precipitación pluvial, como es el caso de Sontecomapan. El agua de lluvia es interceptada, recolectada y almacenada para su uso posterior, se recolectará el agua pluvial almacenándola en tambos y aljibes, para posteriormente destinarla a satisfacer las necesidades de los usuarios; las aguas grises se tratarán mediante un humedal artificial para el riego del bambusal y la huerta.

Recolección de agua pluvial: se recolectará de las cubiertas de palma, por medio de canaletas de bambú adosadas a las cubiertas, y conectadas a las tuberías de bambú, las cuales enviarán el agua a tambos de 200 lts. para su almacenaje, antes de que el agua entre a los tambos pasará por un filtro cuya función será la de retener el mayor volumen de desechos sólidos posibles, se recomienda tirar la primera agua de lluvia ya que es la que arrastra mayor cantidad de hojas, polvo y otros desechos, acumulados en las cubiertas y las canaletas.

- El agua almacenada en los tambos, se usará para bañarse, lavar platos y ropa, el agua captada de las cubiertas es bastante limpia, por lo que puede usarse para el aseo de las personas.
- El agua de lluvia que no se acumule en los tambos servirá para recargar los mantos freáticos.

Para este procedimiento se necesitan los siguientes elementos:

- Techo de material impermeable, hecho de palma.
- Canales y ductos hechos de bambú, que junten el agua y la lleven a una cisterna.
- Tambos de 200 lts. para almacenar el agua, deben estar bien tapados y a la sombra para evitar el desarrollo de algas.
- Sistema de extracción de agua almacenada.

Para calcular el tamaño del almacén del agua, deben considerarse el régimen pluviométrico (RP) de la región en milímetros anuales, la superficie (S) en metros cuadrados del techo que va a surtir la cisterna, el porcentaje de pérdidas por evaporación, filtración y lluvias ligeras (20%) el cálculo de la cisterna se hace con la siguiente fórmula donde 80% es el porcentaje de captación de agua.⁸

$$RP \times S \times 80\% = M3 \text{ o Lts.}$$

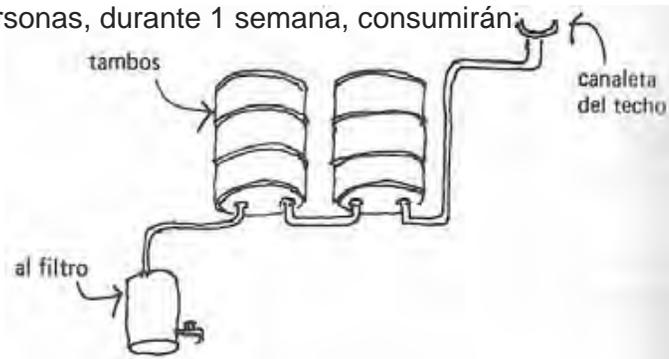
Tomándose en cuenta que no toda el agua cae a la vez, sino a través de varios meses:

En la zona se presenta una precipitación total anual de entre 1 700 mm y 4 700 mm, el promedio anual es de 3 200.

Para las cubiertas cónicas

$$RP \ 3200 \text{ mm.} \times S \ 350 \text{ m}^2 \times 80\% = \underline{896 \text{ m}^3 = 896,000 \text{ Lts. Por año}}$$

Cálculo de almacenamiento de agua: El consumo de agua en el campo es de 50 lts x día x persona, suponiendo una familia de 6 personas, durante 1 semana, consumirán:



$$50 \text{ lts} \times 7 \text{ días} \times 6 \text{ personas} = 2\ 100 \text{ lts.} , 2 \text{ m}^3$$

En este caso el agua se almacenara en tambos de plástico, los cuales se llenaran con el agua recolectada de las canaletas ubicadas en la cubierta, los tambos se interconectarán y permanecerán tapados para que no entre polvo, estos tambos repartirán el agua por efecto de gravedad, a la cocina, la regadera y el lavadero.

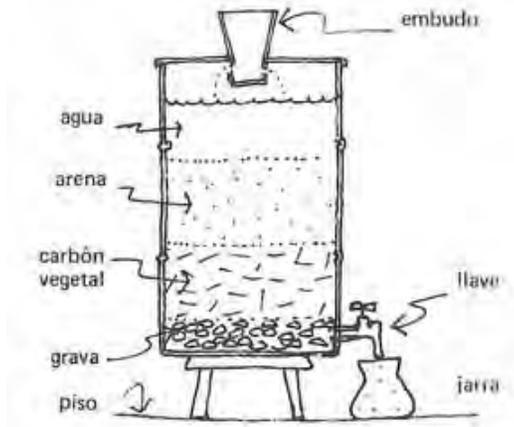
Cada tambo tiene una capacidad de 200 lts., por lo que se necesitarán 10 tambos para almacenar 2 100 lts. de agua semanales.(Ver Fig. 142)

De acuerdo al cálculo el agua almacenada es suficiente para abastecer anualmente a una familia de 6 personas.

Figura 142 ,tomada de Van Lengen,2002

⁸ Tenorio C., (1992), La Hacienda Azucareara en el Oriente de Morelos, UNAM

purificación del agua: para este sistema se usa el método de cribado, que es la separación de la materia flotante en el agua, utilizando coladeras o pedazos de tela de abertura pequeña, colocados en las salidas y entradas de las tuberías y canaletas.



Antes de que el agua de servicio a los muebles pasará por un sistema de filtrado, para tal efecto se construirá un filtro de tambor, al cual se conectarán las tuberías que distribuyen el agua. (Ver Fig. 143)

El tanque de almacenamiento de agua, se coloca a un nivel más alto que el filtro, de manera que por gravedad se hace pasar el agua a través de la arena.

Los filtros y canaletas deberán limpiarse periódicamente.

Figura 143, filtro fabricado con un tambor, tomada de Van Lengen, 2002

Para garantizar la calidad del agua de lluvia, sobre todo en su uso al lavar platos o alimentos, se empleará el método de *desinfección solar*, el cual es muy eficiente para purificar pequeñas cantidades de agua. En pruebas efectuadas en el Instituto Mexicano de tecnología del Agua, se logró una eficiencia del 99.99% en la remoción de coliformes totales del 99.99% en botellas de plástico de dos litros después de seis horas de exposición en un día soleado⁹.

Se recomienda que antes de la desinfección el agua se filtre para eliminar la turbiedad; las botellas perfectamente limpias llenas con el agua a tratar se colocan acostadas sobre un fondo negro o plateado y se exponen a la luz directa del sol durante 4 o 6 horas, de preferencia entre las 10 de la mañana y las 4 de la tarde. Se debe buscar un lugar despejado que no reciba sombra durante el proceso.

La desinfección por radiación solar en botella de plástico es un proceso de fácil aplicación a escala doméstica y que asegura la calidad bacteriológica del agua de consumo, además, ha sido bien aceptada en los lugares donde se ha probado.

Aljibe: se construirán un aljibes de mampostería, con capacidad de almacenamiento de 100 m³ cada uno, el agua de los aljibes se utilizará para el riego del bambusal y la huerta, o cuando el agua llegue a escasear se empleará en diversos usos domésticos.

Humedal artificial para tratamiento de aguas grises: Debido a las características del proyecto se propone la creación de un humedal artificial, que depure las aguas grises para reusarlas en el riego del bambusal, evitando así depositar aguas grises en los cuerpos de agua cercanos a la zona.

Los humedales FWS (flujo libre de agua, por sus iniciales en inglés), dan un buen servicio para pequeñas comunidades y caudales, estos humedales consisten en un sistema de flujo libre del agua, normalmente se les aplica agua residual pretratada en forma continua, y el tratamiento se produce durante la circulación del agua a través de los tallos y raíces de la vegetación emergente, compuesta de espadañas, carrizos y juncos. El tratamiento preliminar se da a través de un tanque séptico, para reducir la concentración de los sólidos orgánicos fácilmente degradables, que de otra manera se acumularían en la zona de entrada del humedal.

Los humedales construidos consisten en el diseño correcto de una cubeta que contiene agua, sustrato, y la mayoría normalmente plantas emergentes, otro componente importante son las comunidades de microorganismos que se desarrollan naturalmente. La hidrología es el factor más importante en un humedal construido porque reúne todas las funciones del humedal¹⁰.

Los sustratos en los humedales construidos incluyen suelo, arena, grava, roca y materiales orgánicos como el compost, sedimentos y restos de vegetación se acumulan en el humedal debido a la baja velocidad del agua y a la alta productividad típica de estos sistemas. El sustrato y los restos de vegetación son importantes, ya que proporcionan almacenamiento para muchos contaminantes, soportan a muchos de los organismos vivientes en el humedal, la permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal, y muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) ocurren dentro del sustrato.

El mayor beneficio que las plantas proporcionan al humedal, es la transferencia de oxígeno a la zona de la raíz, permitiendo la penetración del oxígeno a la tierra transportándolo de manera más profunda, de lo que llegaría naturalmente a través de la sola difusión, las porciones sumergidas de las hojas y tallos muertos se degradan y se convierten en restos de vegetación, que sirven como sustrato para el crecimiento de la película microbiana fija que es la responsable de gran parte del tratamiento que ocurre; las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y escorrentía de varias maneras:

- estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
- dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.
- toman el carbono, nutrientes y elementos de traza y los incorporan a los tejidos de la planta.
- transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos.
- el escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato
- el tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.
- cuando se mueren y se deterioran dan lugar a restos de vegetación.

Una característica fundamental en los humedales es que sus funciones son principalmente reguladas por los microorganismos y su metabolismo; los microorganismos incluyen bacterias, levaduras hongos y protozoarios. La actividad microbiana transforma un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas o insolubles y esta involucrada en el reciclaje de nutrientes.

¹⁰ Lara J. (1997-1998) "Depuración de Aguas Residuales Municipales con Humedales Artificiales"

Los aspectos más importantes a tener en cuenta para la construcción de humedales son, básicamente, la impermeabilización de la capa subsuperficial de terreno, la selección y colocación del medio granular, el establecimiento de la vegetación, y por último las estructuras de entrada y salida.

Los humedales requieren que se coloque una barrera impermeable para impedir que se contamine con agua residual el subsuelo o el agua subterránea, algunas veces esta barrera está presente naturalmente por una capa de arcilla por los materiales que se encuentran in situ y que pueden ser compactados hasta un estado cercano al impermeable. El fondo debe ser nivelado cuidadosamente de lado a lado del humedal y en la totalidad de la longitud del lecho, deben tener una ligera pendiente del 1% para asegurar el drenaje, de forma que se asegure que se proporcionaran las condiciones hidráulicas necesarias para el flujo del sistema.

En cuanto a su aplicabilidad, los humedales FWS necesitan un área relativamente extensa, especialmente si se requiere la remoción del nitrógeno o el fósforo, como es el caso de nuestro humedal, ya que en su mayoría removerán residuos de aguas jabonosas entre los que se encuentra el fósforo, por lo que este tratamiento es efectivo.

En cuanto al rendimiento de los humedales FWS, pueden tratar con eficiencia niveles altos de la demanda biológica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos (SS), y Nitrógeno (superiores al 80%), así como niveles significativos de metales, trazas orgánicas y patógenos. Tiempo promedio de retención más recomendable es de 4 días, ya que permite una mayor remoción de los contaminantes del agua.

Los criterios de diseño del humedal, dependen del contaminante que requiere la mayor área para su remoción, esto determina el tamaño del área de tratamiento del humedal, la cual corresponde a la superficie del fondo de las celdas del humedal. La distribución del flujo de agua residual en toda la superficie debe ser uniforme para que esta área sea efectiva en un 100 por ciento. El área total del humedal debe ser dividida por lo menos en dos celdas. Debido a que las plantas vivas y los detritos representan una resistencia significativa al flujo por la fricción a lo largo del humedal, se deben considerar los aspectos hidráulicos en el diseño del sistema. La ecuación de Manning es aceptada en general como el modelo del flujo de agua en los humedales. La resistencia al flujo impacta la configuración seleccionada para las celdas del humedal: entre más larga sea la trayectoria de flujo, más grande será la resistencia. Para evitar problemas de tipo hidráulico, se recomienda un cociente máximo entre longitud y el ancho de 4 a 1, con una pendiente del 1%.

Manejo de deshechos

La generación y acumulación de basura es un grave problema en la zona, debido al aumento de población estable y fluctuante, de manera que debe plantearse un programa de “recolección y separo de basura”. Se colocaran en la cocina recipientes en donde se depositarán de manera separada los desechos, dividiéndolos en orgánicos e inorgánicos; toda esta metodología del separo de basura es necesaria, ya que la mezcla de desechos orgánicos e inorgánicos, hace que se dificulte su uso y venta posterior a los centros de reciclado.

De la basura orgánica se obtendrán compostas y la basura inorgánica se venderá a una planta recicladora ubicada en Veracruz, la cual podrá enviar periódicamente un camión a la comunidad para recoger los desechos inorgánicos; de manera que la basura se vera como un negocio y no como un problema, las ganancias de la venta de basura se usarán para el mantenimiento de la comunidad.

Los residuos inorgánicos que puedan emplearse en los sistemas constructivos, como llantas, botellas y latas, podrán guardarse en un almacén dentro del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú.

Los residuos orgánicos se enviarán a diversos hoyos de composta, para que una vez que este lista la composta pueda usarse en las huertas de la comunidad, y comercializarlo como fertilizante y mejorador de suelos.

Sanitarios secos

El baño seco es un sistema que no utiliza agua (ahorro de aproximadamente 6 litros de agua), no contamina el medio ambiente, no propicia la aparición de insectos, ni de malos olores, su costo es muy bajo (comparado con el saneamiento convencional), es un baño limpio y seguro. Además es un sistema circular o cíclico, pues el resultado del compostaje de la materia orgánica proporciona un abono muy bueno que puede utilizarse en el propio jardín o huerto, o puede venderse.

El hueco de la puerta de la cámara de humus permite la ventilación cruzada a través de las medias tuberías, y así oxigenan el compost, pasando después a la chimenea y al exterior, es conveniente que la chimenea tenga un filtro para que no entren insectos, la puerta también debe tener una malla, tanto para insectos, como para ratas u otros animales.

Por su propio peso, la parte más descompuesta del compost va cayendo hacia la salida, cada tres meses se vacía la cámara de humus para permitir un buen funcionamiento de la cámara de compostaje. La orina almacenada se usa de abono en las plantas, para no quemarlas, se rebaja con 4 partes de agua.

El sistema de funcionamiento de este diseño se produce mediante una fermentación aeróbica (en presencia de aire) de los residuos orgánicos heterogéneos; excrementos, papel, restos de cocina y hojas.

Después de cada uso se vierte viruta de madera, paja fina o ceniza de tal manera que ésta cubra totalmente las heces depositadas (aproximadamente en una relación en volumen 1:3, es decir, una parte de virutas de madera por tres partes de heces).

Sistema de compostaje

El motivo de tener compostas, es aprovechar todos los desechos orgánicos, para producir abonos orgánicos que sustituyan el uso de fertilizantes químicos.

La composta es una mezcla de materiales orgánicos con cierto grado de descomposición, tiene consistencia grumosa, y color oscuro, para hacer una composta es necesario convertir materiales orgánicos, en material orgánico descompuesto de forma aeróbica,

este material es rico en compuestos orgánicos fácilmente accesible para las plantas, posee quelatos y materiales inorgánicos, ácidos húmicos, fúlvicos y otros compuestos, los cuales mejoran las propiedades físico-química de los suelos.

Se consideran abonos orgánicos los estiércoles, compostas, fermentados, abonos verdes, residuos de cosechas y residuos orgánicos industriales. Los abonos orgánicos son variables en su composición química, física y biológica, y su aplicación constante mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, así como la sanidad de los cultivos (Trinidad Santos 1987,1999 ; Romero Lima 1997 ; Gómez 2000)¹¹. Los materiales usados para hacer una composta son todos los residuos que provengan de vegetales, animales, residuos de cocina, hojas, zacates, pastos, pajas, aserrín, hierbas secas, hierbas verdes, residuos de cosecha, pulpa de café, pulpa de cacao, cáscaras de huevos, cenizas.

Las dimensiones de la composta están en dependencia del material disponible, oscilando el ancho entre 1 y 1.5 metros, la altura en proporciones semejantes y el largo entre 2 y 10 mts., se acomodan los materiales sin comprimirlos formando una pila y agregando los materiales por capas; agregando tierra del lugar ya que el suelo aporta la microbiota para favorecer la descomposición de la materia orgánica, cada capa añadida de los diferentes materiales se deben humedecer, la última capa debe ser de tierra y la altura de la pila no debe exceder de 1.5 mts. la composta debe moverse semanal o quincenalmente para airearse, se debe cubrir para evitar que se laven los nutrientes con la lluvia, debe compostarse a los 3 meses, el proceso de compostaje termina cuando este fría la pila, tenga buen olor y los materiales estén bien descompuestos.

En general se recomienda hacer 3 pilas de composta, una que este lista a los 3 meses, otra con material parcialmente descompuesta y otra en las primeras etapas de la descomposición. El abono una vez fabricado debe guardarse bajo techo, protegiéndolo del sol, el viento y las lluvias, además se recomienda utilizarlo un mes después de fabricado.

3.15 Estudio de Impacto Ambiental

Al encontrarse el área de estudio dentro de un Reserva de la Biosfera, para que la propuesta del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú sea viable, y se cuente con una correcta estrategia al momento de desarrollar el proyecto, es necesario contar con un Estudio de Impacto Ambiental, ya que este nos determinará las pautas a seguir.

Entendiéndose por impacto ambiental, el efecto que produce una determinada acción humana sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos.

La Directiva del Consejo de la Unión Europea, proporciona una relación de los factores ambientales (conjunto de variables-de estado y de flujo susceptibles de ser inventariadas, cartografiadas, medidas, valoradas y tratadas), que deben considerarse en las Evaluaciones de Impacto Ambiental, siendo estos los siguientes:

- El ser humano, la fauna y la flora
- El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje.
- Los bienes materiales y el patrimonio cultural

Para las actividades humanas que sustentan el desarrollo, el medio ambiente puede entenderse como:

- Fuente de recursos naturales.
- Soporte de los elementos físicos que las forman.
- Receptor de desechos y residuos no deseados.

Estas funciones son básicas para entender, valorar, aceptar o rechazar los impactos ambientales ocasionados por las actividades humanas y para definir las condiciones técnicas de la integración ambiental de dichas actividades así como su sostenibilidad. En la medida en que los recursos naturales renovables (aquellos que se autoreproducen en el tiempo según las tasas naturales, de manera que la extracción por debajo de las tasas no merma su disponibilidad futura), se utilicen por debajo de su tasa de renovación anual o interanual, en que el aprovechamiento de los no renovables respete unos ritmos e intensidades de uso, se ocupe el territorio de acuerdo con su capacidad de acogida y se incorpore energía o desechos, respetando la capacidad de asimilación de los vectores ambientales (aire, agua, suelo), se estará haciendo un uso ambientalmente integrado del medio y, en consecuencia, cumpliendo unas condiciones que, si no son suficientes, si son necesarias para un desarrollo sostenible.

Condiciones ecológicas para el desarrollo sostenible: el soporte del desarrollo son las actividades humanas, una actividad se ubica necesariamente en un entorno con el que interacciona en términos de entradas, salidas y ocupación, y con el que debe formar un sistema armónico y funcional; en la medida en que la actividad este integrada con el entorno será sostenible y contribuirá a la sostenibilidad del desarrollo. (ver Figura)

En este sentido toda actividad, se puede entender términos de:

- Los insumos (influentes) que utiliza: agua, energía, recursos naturales, materias primas, mano de obra etc.
- Los elementos físicos que la forman, los cuales ocupan y transforman un espacio: edificios, infraestructuras, instalaciones y equipos de todo tipo.
- Los efluentes que emite en forma de materiales: emisiones, vertidos, residuos y energía.

La actividad requiere del entorno en que se ubica tres funciones indispensables:

- Fuente de recursos naturales y materias primas que utilizará la actividad.
- Soporte de los elementos físicos que forman la actividad.
- Receptor de los efluentes que emite la actividad.

Toda actividad necesita de soporte físico cuya ubicación transforma y ocupa un espacio; toda actividad necesita un uso de suelo y éste no es otra cosa que la adaptación de un espacio para las funciones de la actividad que sobre el se realiza.

Dentro del contexto de la ordenación territorial, la integración de las actividades entre si es fundamental, consiste en conseguir una distribución espacial de las actividades tal que se maximicen las relaciones de complementariedad y las sinergias positivas, y se minimicen las disfuncionalidades e incompatibilidades entre ellas.

La cuestión ambiental, surge de las relaciones entre las actividades humanas y su entorno, y la integración ambiental persigue que ambas partes integren un todo. Por entorno de una actividad se entiende la porción del sistema ambiental que interacciona con ella en términos de (influentes, de espacio ocupado/transformado y de efluentes emitidos) por parte del entorno. Una actividad no puede ser algo superpuesto al medio, y mucho menos contrapuesta a él, sino que actividad y entorno deben entenderse como partes de un sistema. (Ver Figura 144, tomada de Gómez 1999)

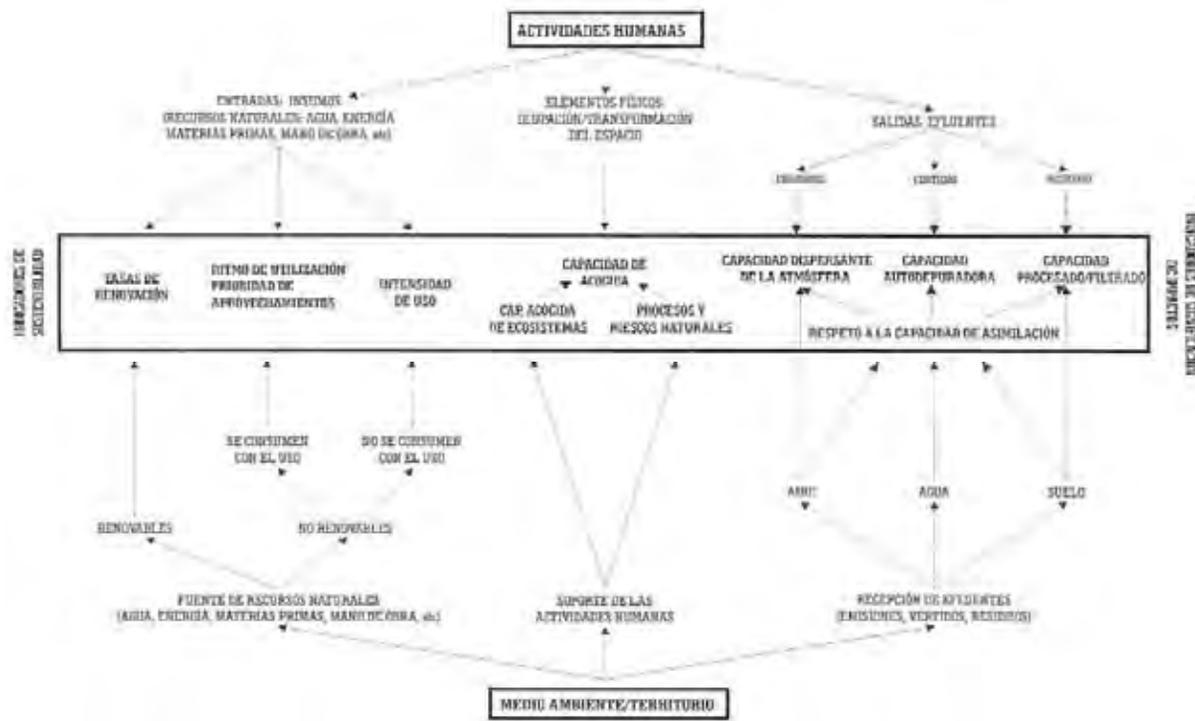


Figura 144, Las actividades humanas interactúan con su entorno en términos de influentes, elementos físicos y efluentes.

La clave para alcanzar los objetivos de integración en la zona de estudio, reside en respetar los criterios de sostenibilidad antes expuestos; ello implica. (Ver Figura 145, tomada de Gómez 1999)

-Seleccionar las actividades razonables desde el punto de vista del entorno; serán prioritarias las de carácter endógeno, que se deducen de los recursos naturales, construidos y humanos existentes en el entorno, de los problemas, habilidades, expectativas y aspiraciones de la población, después las que se desprenden de las oportunidades de localización del entorno y de su papel en el conjunto regional en que se ubica.

-Localizar estas actividades de acuerdo con la capacidad de acogida del entorno, optimizando las relaciones entre las actividades y procurando el uso múltiple de los ecosistemas.

-Regular el comportamiento de las actividades, lo que significa, conseguir una gestión respetuosa con el medio ambiente en términos de los influentes que utiliza, de los efluentes que emite y de los elementos físicos que la forman.

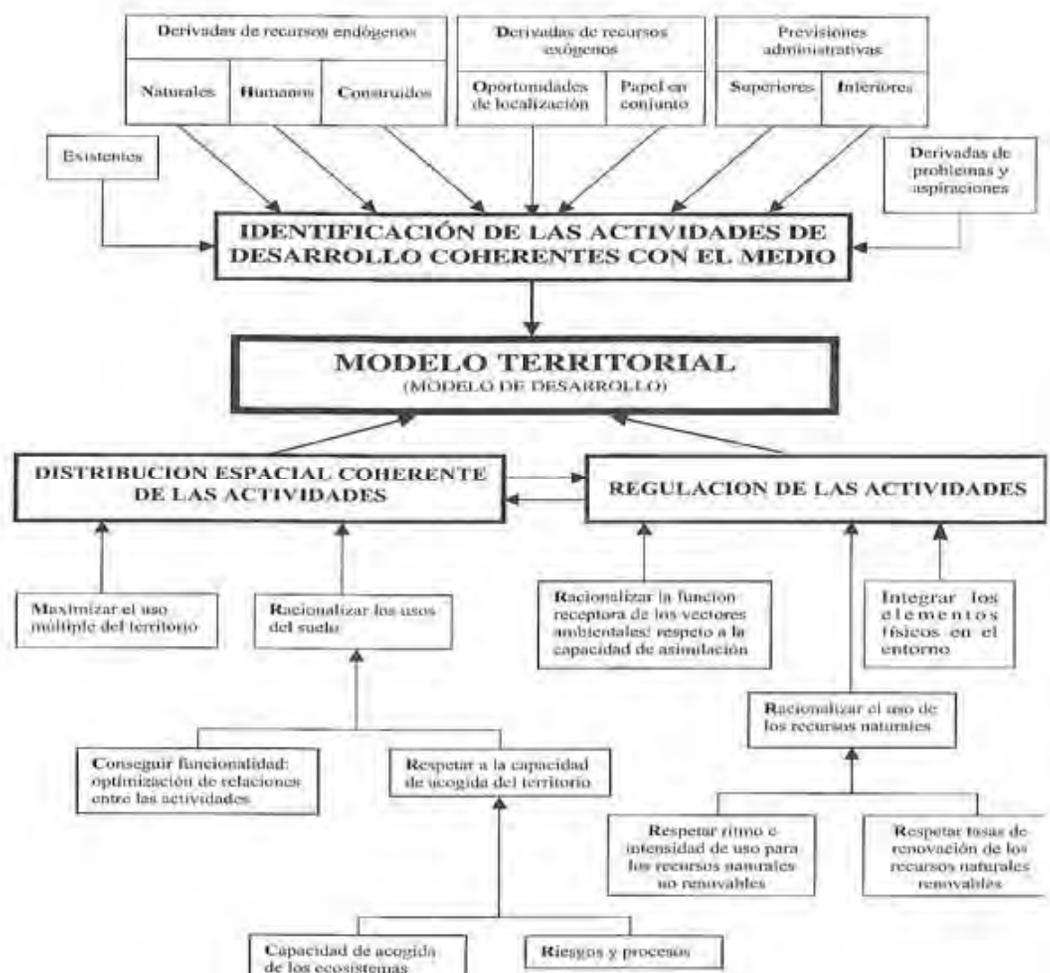


Figura 145, modelo territorial. El sistema territorial se configura por las actividades humanas, su distribución en el espacio y la regulación de su comportamiento.

Realizar una Matriz de causa-efecto es especialmente útil, por su enfoque y contenido, para la evaluación preliminar del impacto ambiental que causará el proyecto. (Ver Tabla 9)

Tabla 9, Matriz causa-efecto

Acciones del proyecto		Diseño	Construcción	Operación	Abandono	Mejora
		Impacto Ambiental				
Aire	Calidad	A	A	A	A	A
	Ruido	A	A	A	A	A
Agua	Calidad	A	A	A	A	A
	Cantidad	A	A	A	A	A
Suelo	Erosión	A	A	A	C	A
	Productividad	C	A	A	C	A
Flora	Abundancia	A	A	A	A	A
	Representatividad	A	A	A	A	A
Fauna	Abundancia	A	A	A	A	A
	Representatividad	A	A	A	A	A
Paisaje	Belleza	A	A	A	A	A
	Visual	A	A	A	A	A
Población	Relocalización	A	A	A	C	I
	Costumbres	A	A	C	I	C
Calidad de Vida	Nivel de renta	A	A	A	C	A
	Condiciones de vida	C	A	A	C	A
	Condiciones de trabajo	C	A	A	I	A
	Calidad ambiental	A	A	A	C	A
	Desarrollo	C	A	A	I	A
Calificación del Impacto: INACEPTABLE: I CRÍTICO: C ACEPTABLE: A						

De acuerdo a los resultados de la matriz, se observa que las acciones que involucran el desarrollo del proyecto son viables y en su mayoría aceptables, ya que no dañan ninguno de los componentes del medio ambiente, al contrario, los benefician generando un impacto ambiental positivo al ecosistema, ya que el sembrar y cosechar bambú, para su uso posterior como materia prima representa un beneficio ambiental.

Diagramas de flujo: ayudan a visualizar de manera gráfica, los recursos, residuos y elementos permanentes, que intervienen en el ecosistema sujeto a la Evaluación de Impacto Ambiental, proporcionando elementos que ayudan al análisis de viabilidad de realización del proyecto.



Figura 146, diagrama de flujo del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del bambú

Se considera que el *impacto ambiental* que producirá el desarrollo del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica del Bambú, será positivo, ya que está cumpliendo con la legislación pertinente, y se encuentra en armonía con el medio ambiente, puesto que se respetan todas las especies y recursos existentes, incluye procesos de restauración ecológica en las áreas dañadas, y los procesos de tratamiento a los efluentes se realizan a través de medios naturales, que se integran al ecosistema tal es el caso del humedal. La duración del impacto es permanente y su efecto será inmediato, mediano y a largo plazo, ya que al restaurar las áreas dañadas y sembrar el bambú se evitará la erosión y deforestación, así mismo aumentará la circulación y depuración del oxígeno. Al utilizar el bambú como materia prima, se podrá dar a la población la oportunidad de la reconversión de empleo.

Las propuestas anteriores se hacen con la finalidad de proporcionar a la población una mejor calidad de vida, ya que al ser autosuficientes y vivir en equilibrio con el medio ambiente, en la medida de lo posible, tendrán un ecosistema más saludable, al ser generadores de sus propios alimentos y empleos, los cuales serán permanentes, tendrán un considerable ahorro en su economía.

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 y en el extranjero, 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, comenzando en las orillas de los cauces para la protección de las correspondientes cuencas hidrográficas; 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. Mientras las plantaciones comienzan su producción, se puede dar a los campesinos la capacitación adecuada para el uso del bambú en la construcción.

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.

Las condiciones naturales que favorecen el desarrollo del bambú y aseguran altos rendimientos de uso tanto de la planta misma, como de sus derivados, sustentan y afirman su valor comercial. Al mismo tiempo, dadas las características naturales de la planta y su comportamiento biológico, ésta constituye un recurso de apoyo muy eficaz para el mejoramiento ambiental, la regeneración y el mantenimiento forestal.

Por otra parte, las plantaciones de bambú contribuyen significativamente al secuestro del bióxido de carbono de la atmósfera, contribuyendo así al mejoramiento ambiental mundial, lo cual puede generar un ingreso económico extra a los productores que hagan un buen manejo del cultivo y conserven en buenas condiciones las plantaciones, en conformidad con los acuerdos internacionales sobre el mejoramiento de la atmósfera.

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.

Estados Unidos es el principal consumidor de bambú, China y la India son sus principales abastecedores pero con altos costos de importaciones, así que cuando en México se tenga bien establecido el manejo del bambú, podría llegar a convertirse en el principal exportador de bambú hacia Estados Unidos, ya que los costos de importación se reducirían notablemente debido a la cercanía geográfica y a los tratados de libre comercio, creándose así importantes ganancias económicas que repercutirían inmediatamente en el ámbito social, abriéndose la posibilidad de mejorar las condiciones del campo y la calidad de vida de los productores

ANEXOS



Pruebas de laboratorio para verificar propiedades físicas y mecánicas

Pruebas de laboratorio para verificar las propiedades físicas y mecánicas de la especie *Guadua Aculeata*

Propiedades mecánicas del Bambú

*En los laboratorios L-1 y L-4 de la FES Aragón, con ayuda del personal Técnico¹. La Arquitecta Carmina Flores Carranza realizó diversas pruebas a bambúes de la especie *Guadua Aculeata* procedente de la zona de los Tuxtlas en Veracruz.*

Para el diseño de estructuras, conocer los valores de compresión, flexión, y tensión de los materiales a usar, es de vital importancia.

Prueba de compresión: La resistencia a la compresión de cualquier material, es un dato que debe ser conocido para tomarse en cuenta en el proceso del análisis estructural. Esta característica mecánica es la relación que existe entre la carga aplicada al espécimen y el área transversal de éste, lo anterior de acuerdo con la definición de esfuerzo que es la intensidad de fuerza por unidad de área, donde sus unidades son kg/cm^2 .

Para la prueba de compresión en el caso del bambú, por la geometría y tipo de material, resulto conveniente usar probetas en forma de cilindros, cuya altura fue, dos veces el diámetro. Como no se conoce bibliografía para este tipo de prueba, se tomo como referencia la norma oficial mexicana que aplica para pruebas de compresión en cilindros de concreto hidráulico. Las probetas ensayadas de bambú son de sección circular tipo tubo (hueca).

Procedimiento: De las muestras de bambú que se tenían, se procedió al habilitado de 6 probetas, tomando medidas de diámetro y alturas, con la finalidad de obtener sus propiedades geométricas. Debido al tipo de material, la sección transversal de estas probetas es amorfa, por lo tanto, se plasmo el contorno de sus bases en un papel, y usando el planímetro se pudo determinar el área de la sección.



Foto e Prueba de compresión

¹ Se hace mención especial al Dr. Daniel Aldama Ávalos, Jefe del Laboratorio de Materiales, y a los Técnicos Académicos J. Ascensión Sánchez Cisneros, y Ricardo Heras Cruz, ya que sin su valiosa ayuda no hubiera sido posible elaborar las probetas, realizar las pruebas y obtener los datos acerca de las propiedades mecánicas del bambú.

Se colocaron las probetas entre las platinas de la Maquina Universal, para aplicarles la carga a una velocidad constante hasta alcanzar la máxima, anotando tipo de falla y apariencia en el bambú. Cada una de las probetas fue colocada de manera individual.

Se tomaron las lecturas de cargas para poder realizar los cálculos con la siguiente expresión: $\sigma = \frac{P}{A}$

Donde: $\sigma =$ resistencia a la compresión, kg / cm²

$P =$ carga registrada en la máquina, Kg.

$A =$ área transversal del cilindro, cm²

El tipo de falla que presentaron las probetas en algunos casos fue por aplastamiento, agrietándose en algunos puntos. La velocidad de aplicación de la carga en especímenes a compresión en concreto es de (2.5 ó 2.1 kg/cm²/seg.) prescritos en la norma BS 1881 parte 4 : 1970.

La norma ASTM C39-72 (ratificada en 1979 estipula una velocidad de (1.4 a 3.5 Kg/cm²/seg), que también la especifica la NOM-C-83-1997. Estas son únicamente velocidades recomendadas. Como no se tiene referencia respecto a este tema para el bambú, se tomó como base esta recomendación.

Recomendable = 2.1 kg/cm²/seg

El efecto de la relación altura /diámetro en la resistencia tiene gran importancia, la Norma Oficial Mexicana NOM-C-83-1997 recomienda que la altura h sea dos veces su diámetro d. (ver tabla 1)

Tabla 1

REPORTE DE PRUEBAS DE COMPRESIÓN UNIAxIAL EN BAMBÚ												
Ensaye No.	Muestra No.	Altura, H, cm	Diámetro promedio cm	Observaciones	Fecha de ruptura	Tipo de material	Area promedio, cm ²	Carga de ruptura, kg	Resistencia unitaria, kg/cm ²	Relación h/d	Factor de corrección	Resistencia real, kg/cm ²
1	1	10.74	9.67	con nudo, pieza agrietada	07-May-07	Bambú	29.675	20775	700.08	1.11	0.91	637.08
2	1	10.67	9.19	Sin nudo	07-May-07	Bambú	26.385	22575	855.60	1.16	0.91	778.60
3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	1	8.07	9.395	sin nudo	07-May-07	Bambú	27.375	21650	790.87	0.86	0.91	719.69
5	1	5.75	9.28	sin nudo	07-May-07	Bambú	28.25	22050	780.53	0.62	0.91	710.28
6	1	5.06	9.24	sin nudo	07-May-07	Bambú	26.45	22000	831.76	0.55	0.91	756.90

Los resultados obtenidos en este ensaye se consideran satisfactorios, se encontraron referencias donde se reportan resistencias a la compresión entre 825 y 1659 kg/cm². En las pruebas se obtuvieron resistencias a la compresión entre 637 y 778 kg/cm². Las resistencias pueden ser menores porque a las probetas no se les dio ningún tratamiento antes de las pruebas.

Prueba de tensión por flexión: Es una de la pruebas mecánicas que se deben realizar a los materiales que trabajarán como elemento viga para librar un claro. Es muy útil especialmente para determinar la resistencia a la flexión de los materiales, y con ello recomendar los valores de esfuerzo máximo que se deben aplicar al elemento, para cumplir con las deflexiones permisibles en la reglamentación que aplique, pudiendo cumplir con el estado límite de servicio (deformaciones).



Foto f Prueba de flexión con nodo al centro



Foto g Prueba de flexión con nodos a los extremos

Procedimiento (carga al centro) De las muestras de bambú que se tenían, se procedió al habilitado de 2 probetas; se realizaron por separado pruebas con el nodo al centro, y con los nodos a los extremos, se verifico que la probetas cumplieran con las propiedades geométricas recomendadas, es decir, (claro igual, o mayor a 3 veces el peralte del mismo). Se colocaron los accesorios de flexión en la Máquina Universal, dejando una longitud de 2.5 cm. hacia ambos lados de los apoyos Se puso la probeta en la máquina universal y se procedió a aplicar la carga; antes de aplicar la carga se centro la probeta en los bloques de aplicación de carga, y a su vez éstos se centraron respecto a la fuerza aplicada; revisando que existiera un contacto total entre los bloques de aplicación de la carga y la superficie de la probeta.

La carga se aplicó hasta aproximadamente el 50% de la carga de ruptura, luego se siguió aplicando continuamente, a una velocidad que constantemente aumentará el esfuerzo de las fibras externas entre 8.5 y 11.8 kg/cm² por minuto, hasta que se presentó la falla.

Se anotaron los datos y se calculo el Módulo de Ruptura (Mr) con las expresiones correspondientes. (ver tabla 2)

Carga al centro $Mr = \frac{3PL}{2bd^2} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$

Donde: Mr =Módulo de ruptura (Kg/cm²)
P = carga aplicada (Kg)
L = longitud del claro (de apoyo a apoyo) en (cm)
b = ancho de la viga (cm)
d = peralte de la viga (cm)

Si se aplica la carga al centro también se puede calcular con la fórmula de la flexión elástica o de la escuadría: $\sigma = \frac{M c}{I} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

Donde: σ = Esfuerzo de ruptura de la viga. (kg/cm²)
M = Momento máximo de la sección. (kg – cm)
C = Distancia del eje neutro a la fibra de tensión o de compresión, cm.
I = Momento e inercia de la sección. (cm⁴)

Tabla 2

REPORTE DE PRUEBAS DE FLEXIÓN EN BAMBÚ (CARGA AL CENTRO DEL CLARO)												
Muestra No.	Muestra No.	longitud del claro, cm	Diámetro promedio cm	Fecha de ruptura	Tipo de material	Area promedio, cm ²	Momento de inercia, I, cm ⁴	Carga máxima, P, kg	C, cm	Momento máximo, kg-cm	Resistencia a la flexión kg/cm ²	Observaciones
8	1	32	9.312	23-May-07	Bambú	29.675	220.062	850	4.656	6800	143.87	Apoyos en los nodos, pieza agrietada
9	1	32	9.235	23-May-07	Bambú	26.385	243.91	855	4.618	6840	129.49	Carga en el nodo, pieza agrietada
Momento de inercia de corona circular $I = 0.049087(d^4 - d_1^4)$ d = Diámetro exterior. d1 = Diámetro interior.					Resistencia a la Flexión $\sigma = \pm \frac{M}{I} c$ Positivo para fibras de tensión, en este caso son las fibras abajo del eje neutro Negativo para fibras de compresión, en este caso son las fibras arriba del eje neutro Momento máximo para carga puntual al centro del claro $M = \frac{PL}{4}$							

Las resistencias a la flexión resultaron ser muy bajas comparadas con lo reportado por la bibliografía consultada, (de 856 hasta 1631 kg/cm²). El mayor esfuerzo resultante en estas pruebas es de 143.87 kg/cm², posiblemente esto fue porque las probetas se encontraban agrietadas y al momento del ensaye se presento deslizamiento entre las fibras, siendo esto el fenómeno de flujo de cortante.

Prueba de resistencia a la tensión. Indica el máximo esfuerzo de tensión que un material es capaz de soportar, consiste en someter la probeta, a un esfuerzo de tensión creciente, aplicado axialmente, hasta causarle la ruptura. Se expresa en kg/cm², kg/mm². El bambú en un material orgánico presentando fallas del tipo frágil, donde en su gráfica esfuerzo-deformación unitaria no presenta una etapa lineal definida.

La elasticidad es una propiedad que hace que un cuerpo que ha sido deformado regrese a su forma original después de que se ha retirado la acción de carga. La ductilidad es si se producen grandes deformaciones antes de llegar a la falla y por tanto la rotura de la probeta.



Foto h Prueba de tensión



Foto i Detalle de sujeción de la probeta

Procedimiento. De las muestras de bambú que se tenían, se procedió al habilitado de 6 probetas; cada una fue probada de manera individual; se colocaron los accesorios de tensión en la Máquina Universal, se sujeto la probeta en la máquina universal por medio de mordazas. La carga se aplicó rápida y continuamente, a una velocidad que aumentó la tensión de la probeta, hasta que se presento la falla.

Se tomaron lecturas de necesarios, en donde se determino el esfuerzo, la deformación lineal unitaria, y se elaboró la gráfica correspondiente (gráfica 1). carga y deformación total, proporcionadas por los instrumentos de la Máquina Universal (ver tabla 3), posteriormente se realizaron los cálculos.

Tabla 3

REPORTE DE PRUEBAS DE TENSIÓN UNIAXIAL EN BAMBÚ								
Probeta No.	Muestra No.	Longitud cm	Fecha de ensaye	Tipo de material	Area promedio, cm ²	Carga máxima, kg	Resistencia unitaria a la tensión, kg/cm ²	Observaciones
1	1	8.67	16-May-07	Bambú	1.16	1885	1625.00	* La falla ocurrió en los extremos, donde amarran las mordazas
2	1	8.67	16-May-07	Bambú	1.397	1635	1170.37	* La falla ocurrió en los extremos, donde amarran las mordazas. No se tiene la gráfica.
3	1	8.67	16-May-07	Bambú	1.57	1375	875.80	* La falla ocurrió en los extremos, donde amarran las mordazas
4	1	8.67	16-May-07	Bambú	0.8576	1420	1655.78	La falla ocurrió en el centro de la zona calibrada
5	1	8.67	16-May-07	Bambú	0.85	1390	1635.29	* La falla ocurrió en los extremos, donde amarran las mordazas
6	1	8.67	16-May-07	Bambú	1.0619	1775	1671.53	La falla ocurrió en el centro de la zona calibrada

* Para la (Tabla 3), la Norma establece que la falla debe darse en el centro de la zona calibrada, por lo tanto, las fallas que ocurrieron fuera de esta zona, y se presentaron donde las mordazas agarran la probeta, se consideran no confiables. Los resultados obtenidos de resistencia a la tensión varían de 943 a 1659 kg/cm². Se obtuvieron esfuerzos de 875 a 1671 kg/cm².

Se observó que en las probetas 1, 2, 3 y 5, las fallas ocurrieron en los extremos, junto a las mordazas, posiblemente las fallas fueron por aplastamiento en esta zona; esto se debió a que las probetas no presentaban una sección transversal constante, para que las mordazas agarraran de manera uniforme. Se determinó el módulo de elasticidad variando de 92,559 kg/cm² a 214,772 kg/cm².

Se sacó una gráfica por cada pieza, sin embargo solo se presenta la más representativa. (ver Gráfica 1)

Los resultados obtenidos en las pruebas, demuestran que estas especies de bambú, tienen características físicas y mecánicas que lo convierten en un material muy factible para su uso en construcción.

Los valores obtenidos en estas pruebas han sido comparados, con los obtenidos en otras pruebas realizadas por el arq. Oscar Hidalgo², se observa que los resultados son muy similares.

Datos tomados del Informe Técnico elaborado por el Ing. Ricardo Heras Cruz.

² Hidalgo O, (2003), "Bambú el regalo de los dioses", Editor Oscar Hidalgo López, Colombia.

Gráfica 1 (Gráfica de pruebas de tensión)

PRUEBA: TENSIÓN EN BAMBU					
L = 62.2 mm		Area = 1.0619 cm ²		Probeta No.= 6	
tiempo (seg)	Carga (kg)	Deformación Lineal (mm)	Deformación unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	
0	0	0.00	0.00000	0.00	
30	200	0.05	0.00080	188.34	
60	400	0.10	0.00161	376.68	
90	600	0.15	0.00241	565.02	
120	800	0.20	0.00322	753.37	
150	1100	0.30	0.00482	1035.88	
180	1300	0.50	0.00804	1224.22	
210	1500	0.80	0.01286	1412.56	
240	1600	1.00	0.01608	1506.73	
270	1775	1.30	0.02090	1671.53	
$f_u = \frac{Pu}{Area} =$					1671.532 kg/cm ²
Módulo de elasticidad, E					
$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_L} =$					214772.26 kg/cm ²
OBSERVACIONES:					
<p>El ensaye se realizó, tomando lecturas de carga y deformación respecto al tiempo. Las lecturas de deformación obtenidas son reales. Los datos de las deformaciones son importantes, porque con ello se construye la gráfica esfuerzo deformación unitaria y la pendiente de la etapa lineal de la misma define el módulo e elasticidad del material. El módulo de elasticidad resultante es cercano a lo reportado en algunas referencias. El módulo de elasticidad es muy variado debido a que no se sabe si la probetas fueron extraídas de la misma muestra, si tienen la misma edad; factores que influyen en los resultados.</p>					



BIBLIOGRAFÍA



Alastair Fuad-Luke (2002) Manual de diseño ecológico, Edit. Cartago, España.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, Fondo Para la Reconstrucción y desarrollo Social del Eje Cafetero-FOREC, Manual de Construcción Sismo Resistente de Viviendas en Bahareque, Encementado, proporcionado por la Red Mexicana del Bambú, (2009)

Chávez C. (1985).Informe de la investigación sobre “cultivo y explotación del BAMBÚ en México”, FONART, México.

Castaño F, Moreno R,(2004), Guadua para todos, “cultivo y aprovechamiento”, Editorial Panamericana Formas e Impresos S.S., Bogotá, Colombia.

Castellanos S, Godoy D.,(2007), GUADUA LAMBÚ “Suparámetros de producción y transformación de la guadua laminada aplicados al diseño industrial, Editorial Ecoediciones, Bogotá, Colombia.

Cortés, R.G y A.R. Aguilar. *Native species of Mexican Bamboos*. En VI International Bamboo Workshop. (abstracts) San José Costa Rica. 1998.

Cortés, R.G. *Revisión Taxonómica de los bambusoides leñosos de Veracruz*. Tesis. Universidad Veracruzana, Xalapa. 1983.

Cortés, R.G. *Los Bambúes Nativos de México*. Biodiversitas 30. Comisión Nacional de Biodiversidad. 2000.

Chanelett, Emil. T. (1976), LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid.

Deffis Caso A. (1988) CASA ECOLÓGICA AUTOSUFICIENTE, Editorial Árbol, México.

Deffis Caso A. (1994) ARQUITECTURA ECOLÓGICA TROPICAL, Editorial Árbol, México.

El Bambú, "Arquitectura, ambiente y comunidad", Técnicas y propuestas de desarrollo, Caracas 14 al 17 de Octubre, 1992.

Energía y Medio Ambiente, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Coordinación de la Investigación Científica, Programa Universitario de Energía, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, (1984).

Giraldo Javier y Gómez Teo (2005) Ecología, Edit. Oceano, España.

Gómez Alvarez R., elaboración de abonos orgánicos con bajos insumos en las condiciones del productor rural, <http://www.ciesas-golfo.edu.mx/istmo/docs/ponencias/elaboracion01.htm>

Gómez Orea D., (1999), EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL, Un instrumento preventivo para la gestión ambiental, ediciones Mundi Prensa, Editorial Agrícola Española, S.A., Madrid.

Conesa Fernández, V., (2000), GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.

Gonzalo Guillermo E.(2003) MANUAL DE ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de Tucuman, Argentina.

Guardiani N (1991) Construcción de viviendas con bambú "Guía Técnica",.Universidad Estatal de Guayaquil, Facultad de Arquitectura. Red Internacional del Bambú y el Ratán, Publicación del Programa de Difusión del Bambú, enda-caribe, Santo Domingo, R.R.

Hidalgo O Manual de Construcción con bambú “construcción rural 1” Universidad Estatal de Guayaquil, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Arquitectura, Estudios Técnicos Colombianos, Red Internacional del Bambú y el Ratán, Centro de Investigación de Bambú y Madera CIBAM,. Ltda. Editores, proporcionado por la Sociedad Mexicana del Bambú (BAMBUMEX), 2006.

Hidalgo O, (1994), “Bambú su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía, Estudios Técnicos Colombianos LTDA., Cali, Colombia.

Hidalgo O, (2003), “Bambú el regalo de los dioses”, Editor Oscar Hidalgo López, Colombia.

Janssen J., Designing and Building with Bamboo, INBAR (International Network for Bamboo and Rattan).

Jaume Sureda (1990) Guía de la Educación Ambiental “Fuentes documentales y conceptos básicos” Edit. Anthropos, España, 1ª edición.

López Morales F. (1987), Arquitectura Vernácula en México, Editorial Trillas.

Nienhuys S Bambú o caña guadua,”recomendaciones para el uso en la construcción” Instituto Ecuatoriano de Normalización.

Olgay Víctor (1998) Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas / vers. castellana de Josefina Frontado y Luis Clavel Barcelona. Ed. G. Gili México.

Programa de Conservación y Manejo Reserva de la Biosfera de Los Tuxtlas, (2006),SEMARNAT, MÉXICO.

Plan Veracruzano de Desarrollo 2005-2010

Tudela Fernando (1982) Ecodiseño UNAM, Unidad Xochimilco, México.

Universidad Estatal de Guayaquil (1978) Nuevas técnicas de construcción con bambú, Facultad de Arquitectura, Red Internacional del Bambú y el Ratán.

Van Lengen J., Manual del Arquitecto Descalzo, (2002), Como construir casas y otros edificios Ed. Pax, México, D.F.

Vélez González R. (1992) La ecología en el diseño arquitectónico: datos prácticos sobre diseño bioclimático y enotécnicas. Ed. Trillas, México.

Villegas M. (2001), Bambusa Guadua, Editorial Villegas Editores.

Villaseñor Diego, Ojeda Muñoz A., Remus José, Vivienda Tropical, SAHOP (Secretaría de Asentamientos y Recursos Humanos y Obras Públicas), México.

Trueblood Beatrice, Corzo Miguel Ángel, (1978), Vivienda Campesina en México, SAHOP (Secretaría de Asentamientos y Recursos Humanos y Obras Públicas), México.

<http://www.infoaserca.gob.mx/proafex>, El bambú Estudio de Mercado Mundial, volumen I.

<http://www.cdi.gob.mx>, CDI (Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas)