



00164
I
2ej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

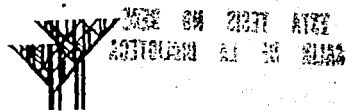
**EL BAMBÚ EN CHIAPAS, SU EXPLOTACIÓN E INDUSTRIALIZACIÓN COMO
ELEMENTO ARQUITECTÓNICO ESTRUCTURAL PREFABRICADO.**

Tesis que presenta
Arq. Francisco Jorge Guillén Gutiérrez
para obtener el grado de: Maestría en Arquitectura-Tecnología
1995



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE ARQUITECTURA



FALLA DE ORIGEN

V. 1

MÉXICO, D.F. 1995



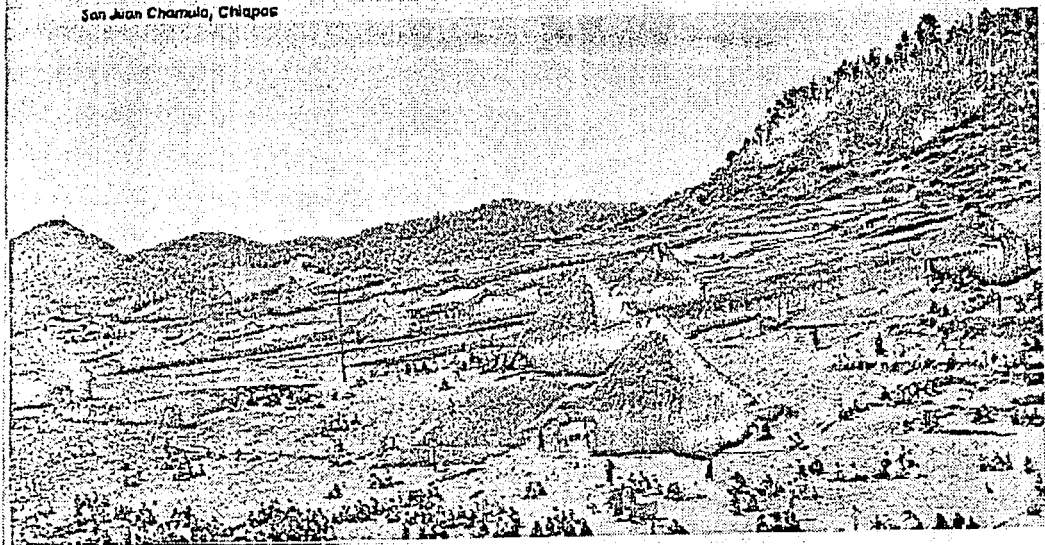
UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está 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.

San Juan Chamula, Chiapas



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

FALLA DE ORIGEN

Tesis para obtener el grado de "Maestría en Arquitectura (Tecnología)"

Tema de la tesis: "El bambú en Chiapas, su explotación, industrialización y su aplicación en elementos prefabricados estructurales arquitectónicos"

Paginas.

Dedicatorias y Agradecimientos.....	i - ii
Contenido :.....	iii - iv
Prólogo.....	1-2
1.- Introducción: Conocimiento del bambú y Propósitos de esta Tesis.	3
1.1.- ¿Qué es el bambú?.....	4
1.1.1.-Tipo de bosque al que pertenece.....	5
1.1.2.-Su importancia a nivel mundial.....	5
1.2.- Tipos de bambú y sus características físicas	7
1.2.1 -Clases de bambú.....	8
1.2.2.-Estructura física.....	13
1.2.3.-Colores y Formas.....	16
1.2.4.- Dimensiones.....	18
1.3.- Distribución geográfica de los bambúes.....	21
1.3.1.-Habitat.....	23
1.3.2. Tipos de bambú en México.....	24
1.4.- Siembra y Propagación.....	26
1.4.1.-Propagación por rizomas.....	26
1.4.2.-Propagación por sección de tallos.....	27
1.4.3.-Propagación por cultivo de tejidos.....	28
1.5.-Desarrollo, Crecimiento, Cultivo, Preservación y Curado.....	31
1.5.1.-Silvicultura.....	31
1.5.2.-Floración.....	35
1.5.3.-Plagas.....	37
1.5.4.-Preservación.....	38
1.5.5.-Tratamiento ignífugo.....	39
1.5.6.-Curado.....	40

FALLA DE ORIGEN

	Páginas
1.-Uso del Bambú.....	40
1.6.1-En Oriente.....	44
1.6.2-En América del Sur.....	46
1.6.3-En México.....	47
1.7.-Su Explotación.....	48
1.7.1.-Corte.....	48
1.7.2.-Formas de uso: Entero, Partido, Tiras, Tableros y esterillas, Trenzado.....	49 - 53
1.7.3.-Transporte.....	53
1.7.4.-Estibado y almacenamiento.....	55
1.7.5.-Herramientas utilizadas en las construcciones con bambú.....	56
1.8.-El Bambú-Cemento, su producción, Limitaciones y utilización.....	57
1.8.1.-Historia del ferrocemento.....	58
1.8.1.1.-Historia del concreto reforzado con bambú.....	60
1.8.1.2.-Elementos estructurales de concreto reforzado con bambú.....	62
1.8.2.-Limitaciones en el uso de tiras y cañas de bambú como refuerzo en el concreto.....	73
1.8.3.-Límites en áreas de refuerzo.....	76
1.8.4.-Construcción y empleo de cables de bambú.....	78
1.8.5.-Principios de diseño y construcción.....	89
1.9.-Posible Industrialización del Bambú.....	93
1.9.1.-Fabricación con bambú-cemento de tanques para la fermentación del café.....	94
1.9.2.-Otras aplicaciones.....	102
1.9.3.-Referencias.....	109
2.- Empleo del bambú en arquitectura.....	110
2.1.-Construcción sismoresistente.....	113
2.1.1.-Elementos de construcción laminar.....	116
2.1.2.-Estructuras laminares.....	116
2.2.-Elementos simples: andamiaje y cimbras, puertas y ventanas, tuberías y canales, juntas y piezas de fijación.....	118 - 122
2.3.-Elementos en sistemas sencillos rectilíneos: cimientos, estructuras, pisos, muros, techumbres tradicionales, armaduras.....	126 - 138
2.4.-Elementos en sistemas plegados: plegadas prismáticas, plegadas piramidales, semiprismáticas, muros y techumbres.....	140 - 142
2.5.-Elementos en sistemas con curvatura sencilla y con doble curvatura: bóvedas, cúpulas o domos.....	142 - 144
2.6.-Elementos en sistema de doble curvatura inversa: Superficies regladas, Paraboloides e Hiperboloides.....	146
2.7.-Elementos en sistemas tridimensionales: Armaduras y arcos tridimensionales, Medio octaedros, Octaedros.....	151
2.8.-Elementos en sistemas Tensigrity.....	154
2.9.-Referencias.....	155

Páginas

3.- Industrialización del bambú.....	159	- 161
3.1.-Producción e industrialización en América.....	163	- 165
3.2.-Datos generales de Chiapas.....	166	- 168
3.3.-Tipos de bambú existentes en Chiapas.....	173	- 180
3.4.-Utilización industrial del bambú en Chiapas.....	180	- 185
3.5.-Elementos seleccionados para la construcción de viviendas de interés social.....	182	- 186
3.6.-La estructura tipo "A" propuesta para vivienda campesina.....	184	- 186
3.7.- Referencias.....	184	- 189
4.- Conclusiones y Recomendaciones.....	186	- 189
4.1.-Conclusiones generales.....	191	- 189
4.2.-Recomendaciones al usar cables de bambú.....	191	- 192
4.3.-Recomendaciones para ulteriores investigaciones.....	193	- 192
4.4.-Selección de especies para cultivo.....	194	- 192
4.5.-Perfeccionamiento preservativo contra los insectos, la putrefacción y el fuego.....	194	- 193
4.6.-Métodos mejorados de fijación.....	195	
4.7.-Tableros de partículas de bambú.....	197	
4.8.-Casas modelo diseñadas por arquitectos.....	198	
ANEXOS.....	207	Δ - 1
ANEXO N° I TIPOS DE BAMBUES EN EL MUNDO.....	208	Δ - 2
ANEXO N° II PROCEDIMIENTOS DE PRESERVACIÓN.....	217	Δ - 11
ANEXO N° III EJEMPLO DE ESTRUCTURA "A" EN PLANTA DESPULPADORA DE CAFÉ.....	243	ANEXO I A → Δ - 16
ANEXO N° IV EJEMPLO DE ESTRUCTURA TRIDIMENSIONAL.....	256	Δ - 16
ANEXO N° V PONENCIA BRASILEÑA EN EL R.I.L.E.M.....	266	Δ - 62
ANEXO N° VI RELACIÓN ALTURA - DIÁMETRO.....	276	Δ - 72
ANEXO N° VII PROYECTO "LAS MALVINAS" EN EL NORTE DEL PERÚ.....	278	Δ - 74
BIBLIOGRAFÍA.....	288	Δ - 74
ANEXO N° VIII "EL BAMBÚ COMO FUENTE DE PROGRESO".....		Δ - 76

FALLA DE ORIGEN

PROLOGO

En un encuentro casual con el Arquitecto Fernando López Carmona, la plática recayó sobre el tema de los materiales de construcción usados en México, el maestro sugirió conocer el bambú a fondo y su posible industrialización, llegando a mencionar la posibilidad de fabricar "triplay" con bambú, por esa plática resurgió en mí una inquietud que permanecía latente desde tiempo atrás, cuando al excursionar en Chiapas por algunas de sus fértiles campiñas, conocí los bosques de bambúes que crecen en las riveras de los arroyuelos y ríos en forma espontánea y sin ningún aprovechamiento de estas bellísimas plantas.

Después estando en Colombia me tocó conocer el empleo tan amplio que ahí le dan a la "Guadua" (así le llaman en ese país a su bambú) con métodos tradicionales de construcción, sobre todo como elementos de cimbra y obra falsa en las edificaciones y como refuerzo en los muros de las casas de las personas de escasos recursos.

Posteriormente busqué publicaciones que sobre los usos y aplicaciones del bambú se difunden en México y viendo que son muy escasas y esporádicas, me propuse conseguir informaciones extranjeras, por las que quedé maravillado de la versatilidad de usos que le dan al bambú, sobre todo en los países asiáticos.

Esto junto con el surgimiento del movimiento armado causado por los graves problemas por los que atraviesan los indígenas y campesinos del estado de Chiapas, y por que soy Chiapaneco, me propuse colaborar en su solución al tratar de encontrar la creación de alguna fuente de trabajo, que fuese factible de instrumentarse en esa entidad, con los recursos naturales de la región, la infraestructura existente y la disposición de mano de obra no calificada, que es el común denominador de esa porción de nuestro territorio nacional.

Al mismo tiempo, por tener pagados todos los créditos de la maestría en tecnología de arquitectura, y buscar un tema de tesis novedoso y que fuera posible llevar a la práctica, llegué a proponer el estudio del empleo del bambú, desde su siembra y explotación, hasta su industrialización, aplicada a la fabricación de elementos estructurales prefabricados con bambú.

Utilizados principalmente en la edificación de viviendas de interés social (sobre todo en el medio rural), y en construcciones que se empleen en las distintas agro industrias que requieren de espacios para los trabajos de fabricación, conservación y almacenamiento de sus productos.

La tesis que se propone no pretende ser un tratado completo sobre el bambú, y mucho menos un estudio exhaustivo de todas las posibles aplicaciones de este material dentro de las soluciones arquitectónicas antes mencionadas y de otras más, sino que en principio se trata de una recopilación bibliográfica, en la que se describe al bambú y su empleo en general.

Posteriormente se ven en forma sucinta las aplicaciones que en la edificación se le pueden dar, esperando que este trabajo sirva como punto de partida para una gran línea de investigación en nuestro país, ya que el empleo del bambú tiene grandes posibilidades de desarrollo y aplicación a futuro, puesto que este recurso no ha sido lo suficientemente estudiado y aplicado como elemento estructural en construcción.

Dado el continuo desarrollo y requerimiento de procedimientos y materiales nuevos que surgen del crecimiento industrial y tecnológico, es posible que con su uso se lleguen a obtener mejores soluciones, con costos más bajos de producción y con resultados más apropiados a los requerimientos diferentes y complejos que son solicitados a nivel nacional y mundial.

Tomando como premisa importante las características que tiene el bambú, de las que se pretende analizar las principales en el contenido de este trabajo y con las que a mediano plazo se busca llevar a cabo experimentos, pruebas de campo y de laboratorio, con modelos a escala natural 1:1, y en aplicaciones concretas de requerimientos reales y específicos.

Esta investigación ya fue propuesta al Departamento de Tecnología y Producción del C.Y.A.D. de la U.A.M. Xochimilco, y este estudio está programado para realizarse en los dos años próximos y que tendrá como fin obtener datos reales y comprobados del comportamiento de los tipos de bambú que se producen en México

Está previsto que esta investigación se efectúe en forma interdisciplinaria pues se requiere la cooperación de biólogos y agrónomos para estudiar las mejores formas de cultivo y reproducción de las especies de bambú, así como la colaboración de químicos e ingenieros para investigar y comprobar los componentes del producto y procedimientos de preservación y desarrollo industrial; es necesaria la participación de diseñadores industriales y arquitectos para diseñar al detalle los elementos estructurales y arquitectónicos en los que se use el bambú y tengan algún empleo novedoso, y de los ingenieros para llevar a cabo todas las pruebas de laboratorio y campo que se requieran.

Septiembre de 1994

INTRODUCCIÓN

1.- CONOCIMIENTO DEL BAMBÚ Y PROPÓSITOS DE ESTA TESIS

En México no existe la tradición de sembrar, cultivar y utilizar masivamente el bambú tal y como sucede en otros países y continentes. Al grado de que las autoridades mexicanas correspondientes no la consideran una especie forestal importante, por lo tanto casi no existen estudios serios e investigaciones y trabajos científicos al respecto en esta tesis nos proponemos llamar la atención de los posibles interesados en emplear esta especie forestal que puede llegar a ser de gran provecho en nuestro país.

Esta tesis tiene dos finalidades principales: primero dar a conocer las técnicas nuevas de cultivo y explotación del bambú, tanto a los gobiernos a nivel regional o nacional, como a las autoridades y habitantes de los poblados y aldeas que como cooperativas de construcción podrían aplicar estos procedimientos para lograr un mayor rendimiento de sus sembradíos o bosques naturales de bambú.

La segunda finalidad es dar a conocer las técnicas novedosas o poco conocidas de construcciones con bambú y estimular nuevas investigaciones para mejorar las propiedades del bambú en sí, su utilización como material de construcción y perfeccionar los métodos técnicos de edificación con bambú. Llegando a proponer la industrialización de este material, en el estado de Chiapas.



1.1.- ¿QUÉ ES EL BAMBÚ?

El bambú es la planta universalmente conocida más útil al hombre. Para casi la mitad de la especie humana, la vida sería completamente diferente sin él. Es una de las más extraordinarias plantas que existen; crece más rápido que ninguna otra cosa en el mundo, de hecho, algunas veces es posible verlo crecer.

En un bambuar durante la primavera la vitalidad de los pilares verdes es casi palpable. Mientras el tallo crece sobre el piso, la raíz detiene su crecimiento y cuando el tallo termina de crecer, la raíz continúa su desarrollo.

El bambú también posee la característica de crecer en solo dos años. De ahí en adelante conserva su tamaño mientras dure vivo. Florece probablemente una vez en cien años y luego muere.

Por sus características físicas las cuales se analizan en detalle más adelante, y a la posibilidad de lograr su reproducción en casi todo nuestro planeta, además de que existe tal diversidad de variedades que permiten su aprovechamiento en un sin número de empleos, es una de las posibles fuentes de suministro de materia prima renovable para muchas artesanías e industrias.

Pero principalmente para la industria de la construcción en países de escasos recursos económicos, con tecnologías poco desarrolladas y medios de comunicación limitados.



1.1.1.- TIPO DE BOSQUE AL QUE PERTENECE

El bambú forma parte de los bosques llamados de "galería", los cuales se conocen por las agrupaciones arbóreas que se desarrollan a lo largo de corrientes de agua más o menos permanentes. Desde el punto de vista fisonómico y estructural se trata de un conjunto muy heterogéneo pues su altura varía de 4 a más de 40 metros. Puede incluir numerosas trepadoras y epifitas o carecer por completo de ellas, y si bien a veces forma una gran espesura, a menudo está constituido por plantas muy esparcidas e irregularmente distribuidas.

En la mayor parte de los casos estos bosques han sufrido intensas modificaciones debido a la acción del hombre, incluyendo la introducción y plantación de especies exóticas.

En México estos bosques se presentan en altitudes de 0 a 2800 metros y las especies dominantes más características pertenecen a los géneros:

Platanus; Salix; Astianthus; Ficus; Bambusa; Ingra; Pachira.

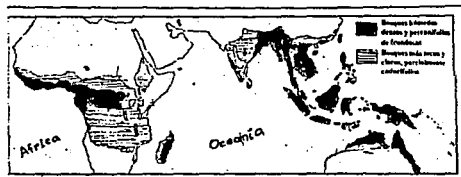
Estos árboles están más bien restringidos a condiciones de temperaturas elevadas. De éstos, *Ficus* es el género más extendido, *Ingra*, *Bambusa* y *Pachira* prefieren francamente un clima húmedo, siendo propios de regiones calientes, más o menos húmedas.

1.1.2.- SU IMPORTANCIA A NIVEL MUNDIAL

Para dar una idea aproximada, de la importancia que tiene el bambú como materia prima que se emplea en un sin número de elementos necesarios para la vida de una gran parte del genero humano, primordial mente hacemos mención de su uso en la construcción de viviendas.



BOSQUES REMANENTES EN EL MUNDO. Los bosques, especialmente los bosques húmedos tropicales, son patrimonio de toda la humanidad, no ya de un país ni de un continente. Este mapa muestra los bosques remanentes en la zona tropical (desde arriba y hacia abajo de todo el Ecuador). Las zonas más oscuras muestran los "bosques húmedos".



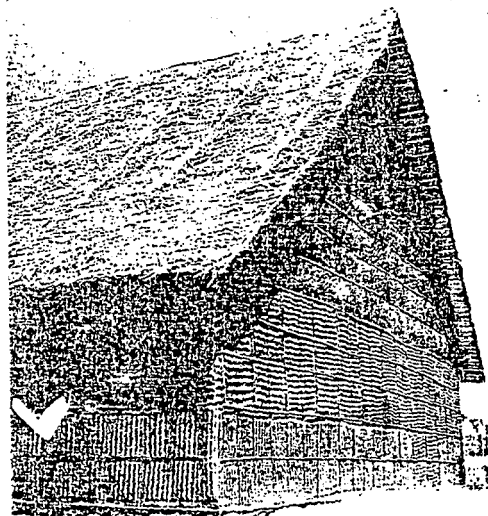
bosques húmedos y perennifolios, de América (Brasil es la gran reserva que nos queda), el África central y las Indias Orientales, hoy Indonesia. (Tomado de la revista "El Bosque Tropical", de la FAO-United Agriculture Organization de 1979)

sobre todo de aquellas que se realizan en las áreas en donde el bambú es originario o que ha tenido un desarrollo muy importante en su cultivo, tales como son la India y algunos países de América del Sur, tomando como nuestras las ideas y conceptos de varias personas que se han dedicado desde hace mucho tiempo a estudiar al bambú y sus aplicaciones, así en los párrafos siguientes decimos que:

" Siendo una necesidad básica del hombre el lugar donde alojarse, las personas que viven en las regiones tropicales y subtropicales, con torrenciales lluvias, noches frías y un calor abrazador a medio día, saben que ahí es tan importante un cobijo como en los climas árticos y en los templados.

El hogar humano sigue siendo el centro de las actividades familiares; en él están los medios para cocinar los alimentos; para dormir y para todo lo que exige la convivencia, el desarrollo físico y mental y la higiene personal. En el mundo, en esas zonas rurales y aldeas de todas las regiones tropicales, el material de construcción más antiguo e importante, es el bambú.

Es un hecho comprobado que más personas habitan en casas de bambú que en casas construidas con cualquier otro material. La construcción con bambú goza de gran popularidad por los siguientes motivos: es un material abundante y barato. Los habitantes de las aldeas pueden construir su propia casa con herramientas sencillas y existe toda una tradición sobre los métodos y procedimientos para construir con este material.



Casa de bambú trenzado que se fija a las armaduras del muro con listones de bambú a la que se aplica una capa de alquitrán de hulla para aumentar su duración

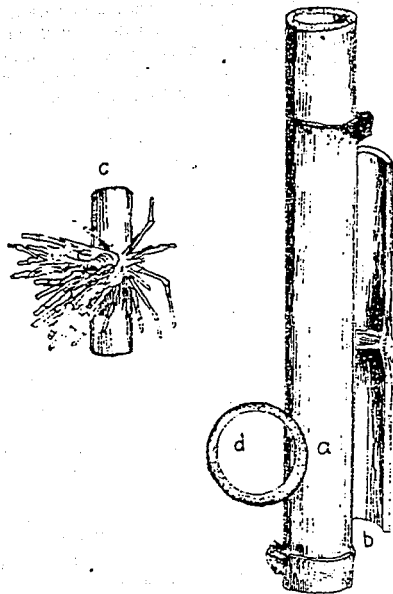
En años recientes esa tradición se ha enriquecido con los experimentos llevados a cabo principalmente en la India, Indonesia, Filipinas, Brasil, Colombia y Venezuela. La vivienda de bambú es fácil de construir y de reparar, tiene buena ventilación, es sólida y resiste hasta los terremotos. Entre los principales inconvenientes que tiene el bambú como material de construcción son los daños que le causan los insectos, los hongos y el fuego. Por lo que muchas casas construidas con bambú no tratado se tienen que reemplazar cada dos o tres años.

La mayoría de las casas de bambú en la actualidad no tienen en su interior servicios sanitarios, agua corriente ni cocina por lo que es fácil deducir la relación que existe entre la falta de estos servicios y el rápido deterioro de dichas viviendas. El mejoramiento de las propiedades y de las técnicas de construcción con bambú, significaría un gran adelanto para enriquecer la calidad de vida de millones de personas.¹⁷

1.2.- TIPOS DE BAMBÚ Y SUS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Desde el punto de vista botánico, los entendidos todavía discuten sobre la clasificación del bambú. Generalmente se le cataloga dentro de la familia de las hierbas, pero también ha sido etiquetado como una clase de gramínea por sus propiedades de florecimiento.

Su familia conocida como *Bambusaceae*, se distingue por: la estructura especial de su tallo o caña. el hecho de que



Características principales de un tallo:

- a) Tallo o caña
- b) Sección vertical
- c) Ramas de un nudo
- d) Sección transversal del tallo

alcanza su altura total en un período corto; su rápido promedio de desarrollo y sus singulares hábitos de florecimiento.

Las características del bambú demandan el uso de dos palabras especiales: el término culmo, tallo o caña, se usa en lugar de tronco, el cual es apropiado para los árboles pero es inapropiado en este caso ya que el tallo crece rápidamente, tiene uniones y es hueco.

De hecho, el bambú tiene un gran crecimiento debajo del suelo y también usar la palabra raíz no es adecuado al bambú ya que más o menos la mitad de sus especies tiene pequeñas raíces que son llamados rizomas.

Estos son vástagos largos, subterráneos y de rápido crecimiento, de los cuales germinan los nuevos brotes.

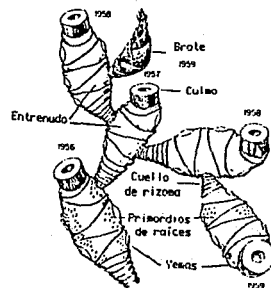
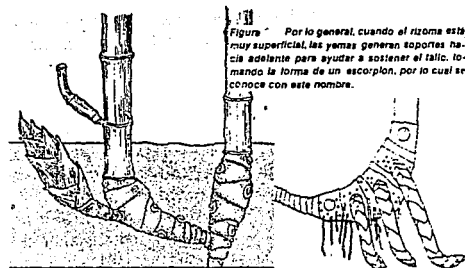
Es la rapidez con la que los rizomas viajan bajo el suelo la que cuenta para el espaciamiento de los tallos o cañas, cada uno de los cuales posee su propio sistema de pequeñas raíces.

1.2.1.- CLASES DE BAMBÚES

Para poder clasificar las especies de bambú es necesario hacer mención de las formas y hábitos que los bambúes tienen en su crecimiento o desarrollo así tenemos que :

"Hay dos tipos de bambúes uno intermedio y otro totalmente distinto: los que crecen en grupos o manojos de tallos o los que son solitarias y libres cañas.

El primer tipo es llamado *simpodial*, *paquimorfo*, *pitoso* o *sempitoso*. Se caracteriza por tener rizomas cortos y gruesos, con raíces en su parte inferior y yemas naturales en forma de



Patrón de crecimiento del bambú: rizoma paquimorfo
 Sympodial o simpodial (McClure 1966, Hidalgo 1974).

semiesfera que solo se desarrollan en nuevos rizomas y, subsecuentemente, en nuevos tallos.

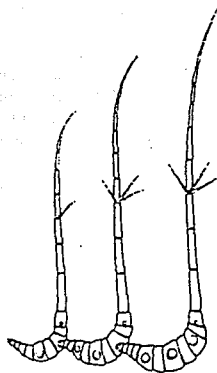
Generalmente el desarrollo de los rizomas es radial, por lo cual los tallos aéreos se ven aglutinados, formando manojos. A este tipo corresponde la *Bambusa guadua*, como también la mayor parte de las especies tropicales del género *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa* y otras. 21

En este tipo, las yemas brotan directamente de la misma planta progenitora. Aquí el tallo y el rizoma son lo mismo. La parte superior del rizoma tiene yemas, una de las cuales desarrolla en forma de otro rizoma muy corto que se vuelve hacia arriba para emerger del suelo como un tallo secundario cercano al progenitor. Este proceso se repite anualmente, teniendo como resultado que todos los tallos se agrupen en cercanía.

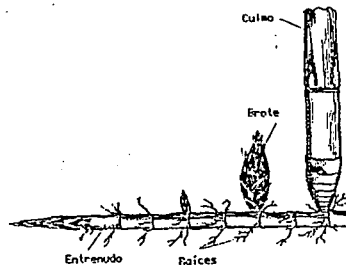
El tipo *simpodial*, conocido como "bambú de grupo", es menos difuso en sus hábitos de crecimiento. En él también el rizoma lanza un brote subterráneo pero éste está conectado directamente a la planta progenitora y la unión es corta. Por lo tanto, el bambú madre mantiene a su prole cerca y alrededor de ella en un grupo apretado.

Los brotes del bambú de grupo aparecen aproximadamente un mes o un poco más tarde que los monópodos (en julio y agosto), dependiendo de la región. Las figuras siguientes muestran la diferencia entre estos dos tipos de crecimiento.

"El segundo grupo denominado *Leptomorfo* o también *Monopodial*, se caracteriza por que tiene un gran rizoma subterráneo que se caracteriza por tener forma cilíndrica y sólida, con diámetros de menor dimensión que los tallos que origina. En



Figuras 1-3 y 1-4 Estructura y forma de ramificación del rizoma paquimorfo. Las yemas del rizoma generan nuevos rizomas y soportes de la planta. Cada rizoma genera a su vez un solo tallo.



Tipos de rizoma: (a) rizoma leptomorfo o monopodial

cada uno de los nudos del rizoma existe una yema que una vez que se activa puede producir indistintamente un tallo o un nuevo rizoma".³⁷

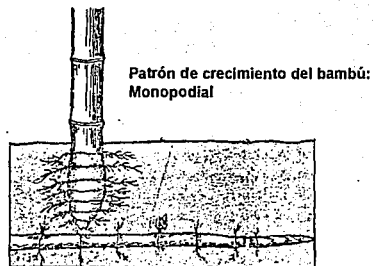
Aunque menos del 10% de las yemas germinan y una porción más pequeña no llega a crecer completamente, el rendimiento es aún bastante considerable. Los brotes emergen del suelo bien distanciados uno del otro; desarrollan en culmos sencillos y erectos; su altura antes de que le broten ramas es generalmente considerable.

"Los rizomas se ramifican lateralmente recorriendo grandes distancias y formando espesas redes que llegan a tener hasta 187000 metros lineales por hectárea, de acuerdo con las observaciones realizadas por Ueda (1960) en el Japón. Debido a esta circunstancia los tallos aéreos se ven separados y no aglutinados.

A este grupo pertenecen la mayor parte de las especies de China, Japón y Estados Unidos, y se caracterizan por ser muy resistentes a temperaturas muy bajas. Los géneros típicos de este grupo son: *Arundinaria*, *Phyllostachys*, *Sasa* y *Sinobambusa*, entre otras.

Cada unión o nudo de esta raíz tiene una sola yema al año y algunas de ellas germinan para crecer a través de la superficie y convertirse en un nuevo bambú. Estos brotes solitarios, en japonés : *takenoko* o "bambú niño" poseen desde su inicio el diámetro del tallo adulto. Los tallos son rectos y no tiene ramas en una altura considerable.

El bambú en Japón es principalmente monópodo, la estación principal para su crecimiento



Figuras y Estructura y forma de ramificaciones del rizoma tapomórfico. Las yemas del rizoma pueden germinar y dar nuevos tallos o nuevos rizomas. Por lo general el diámetro del tallo es mayor que el del rizoma.



FALLA DE ORIGEN

es entre marzo y junio; los brotes de mosso (*phyllostachys pubescens*) aparecen mayor mente en las primeras 3 semanas de abril.⁴¹

El bambú monópodo crece totalmente en pocos meses. Para ser estrictos, la parte superior (cerca del 7% de la longitud total) se desarrolla en un mes, pero su ganancia de engrosamiento es lenta, el crecimiento apreciable es el del tallo. Después de este período no hay una extensión posterior.

El tipo sympodo es más lento en su crecimiento, aunque no hay una distinción muy clara entre los dos períodos de crecimiento para ambos tipos de bambú. Toma entre 80 y 120 días para alcanzar su altura total.

Para ambos tipos, el período de crecimiento es más largo en el caso de los brotes tempraneros. Los dos patrones antes mencionados, están determinados por los hábitos de crecimiento del rizoma.

En el tipo monópodo, como dijimos, el rizoma viaja muy lejos, dependiendo de la especie. A veces crece hasta 300 metros abajo del suelo. En un bambuar, la cantidad de intersecciones de rizomas es formidable, y esta es la razón de por qué esta red subterránea mantiene el piso tan firme durante los temblores de tierra.

"Existe un tercer grupo llamado anfipodial o "intermedio". se caracteriza por tener rizomas que presentan una ramificación combinada de los dos grupos principales en una misma planta y es definitivamente parte de la familia de los bambúes y cubre, por ejemplo, millones de hectáreas de Hokkaido, al norte del Japón.

A este grupo pertenecen muy pocos géneros, entre ellos el Chusquea, al cual corresponden un

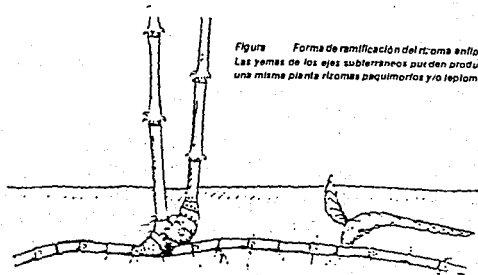
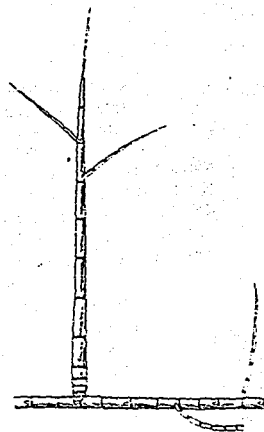


Figura Forma de ramificación del rizoma anfipodial
Las yemas de los ejes subterráneos pueden producir en la misma planta rizomas paquimorfos y/o leptomorfos

gran número de especies que se desarrollan en las zonas más altas de las cordilleras sudamericanas.

Vale la pena anotar que una especie de este género, la "*Chusquea Rolloti*", ha sido hasta ahora el único bambú fosilizado que se ha encontrado en Colombia. Según Berry (1929), pertenece a la Era Terciaria".

Existe otro tipo de bambú llamado Sasa, que está un poco más relacionado con las hierbas y crece solo a una modesta altura, algunas veces solo unos cuantos centímetros. Sasa retiene durante toda su vida su cubierta, que crece alrededor del nudo o junta; la mayoría de los otros bambúes la tiran cuando crecen.

La teoría señala que el bambú originalmente fue monópodo y que su crecimiento es continuo durante todo el año, alternando períodos de crecimiento del rizoma y los de los nuevos brotes de culmos que se desarrollan.

En los trópicos sin embargo, donde los meses de lluvia son seguidos de una larga sequía, la falta de agua provoca que tal patrón de crecimiento sea imposible. El bambú simpodial probablemente se desarrolló en respuesta a estas condiciones desfavorables.

Aquí el rizoma y el culmo se han vuelto uno, de tal manera que el bambú puede completar su crecimiento durante la estación de lluvias y entonces descansar por el resto del año.

La formación de grupos o manojos en los trópicos también es favorable por el hecho de que el



Sasa pygmaea
"Pigmy bamboo"



Sasa fortunei
"Miniature variegated arundinaria"



Sasa fortunei (Japan)
a miniature, at Finca Burle-Marx, near Rio de Janeiro

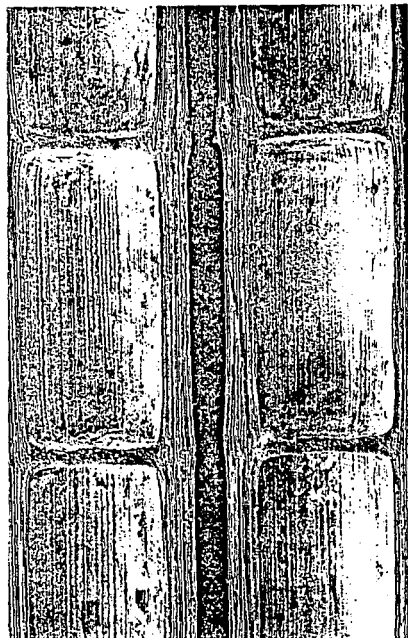
bambú prefiere algo de sombra, lo que generalmente es posible en los grupos de cañas. Posteriormente, los tallos agrupados unos cerca de otros se ofrecen protección mutua contra daños.5/

1.2.2.- ESTRUCTURA FÍSICA

El tallo es cilíndrico y está dividido a intervalos por nudos salientes de donde brotan las ramas. En cada nudo hay un tabique transversal que separa por completo la cavidad de un internodio del inmediato. La cavidad de cada estirpe es muy variable en diámetro. En algunas especies, esa cavidad puede ser solamente un vestigio y el tallo es prácticamente macizo. El tejido del tallo del bambú está formado por células parenquimatosas y haces vasculares consistentes en vasos, fibras de paredes gruesas y tubos cribosos (véase figura —

" El movimiento del agua en el tallo se realiza a través de los vasos. Son las fibras las que dan su resistencia al bambú. En las células del parénquima se almacenan nutrientes, como gránulos de almidón, que llenan aproximadamente el 70 % del tejido. Los haces vasculares van haciéndose progresivamente más pequeños y más densos hacia la periferia. La orientación de todas las células sigue la dirección vertical.

El tallo está cubierto, tanto en el interior como en el exterior, por cutículas cerasas duras que ofrecen una considerable resistencia a la absorción de agua, en particular cuando están secas. Esta característica tiene importancia cuando es necesaria la impregnación con productos químicos.



Las fibras constituyen del 60 % al 70 % del peso de la sustancia leñosa del tallo del bambú. El contenido de fibras es mayor en la periferia que en el interior donde predomina el parénquima.

La distribución de las fibras alcanza su valor más alto en los internodios situados a una altura entre un cuarto y la mitad del tallo.

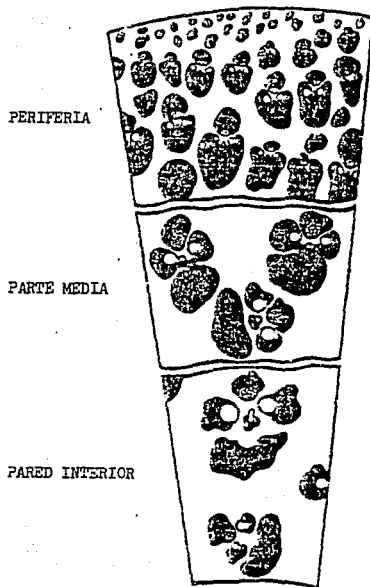
Esta zona contiene también las fibras más largas y más duras con el espesor máximo de paredes. Hacia la parte alta las fibras van decreciendo gradualmente en longitud, grado de madurez y espesor de las paredes celulares.

Las fibras de bambú muestran una variación considerable en formas, dimensiones y espesor de paredes. Son habitualmente largas y rectas con extremos adelgazados.

La longitud media de la fibra de bambú es aproximadamente cien veces mayor que su diámetro. El porcentaje de tejido de parénquima es más elevado en los internodios de la parte baja y va disminuyendo hacia la parte alta.

De modo similar, el porcentaje es reducido hacia la periferia y muestra un señalado aumento hacia el interior. Los vasos ocupan solamente el 15 % del tallo aproximadamente.

En los internodios todos los vasos están orientados paralelamente al eje del vástago sin ninguna ramificación o contacto. Por dentro de los nudos se produce una ramificación intensa, lo que hace posible el transporte horizontal de los líquidos.



Sección transversal diagramática de parte de un internodio de *Dendrocalamus strictus*, desde la periferia a la pared interior, que muestra una mayor concentración de fibra en la zona periférica.

(Gosh y Negi. Instituto de Investigaciones Forestales Dehra India)

En los nudos los vasos están conectados entre sí por orificios. Como los vasos pasan también a través de los diafragmas dentro de los nudos, conectan los lados del tallo. A partir de los nudos, algunos vasos llegan a las ramas.

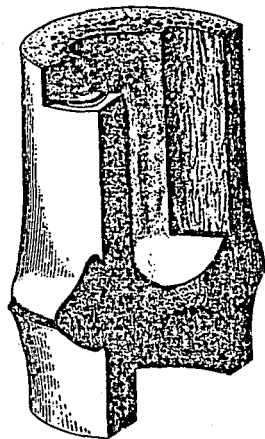
La distribución de los vasos afecta al tratamiento con sustancias conservadoras, que puede realizarse no solo a través de los extremos superior e inferior sino también a través de las ramas cortadas en los nudos.

Desde los nudos, las sustancias conservadoras pueden penetrar en el tallo en ambas direcciones hacia la parte alta y baja. El número de vasos utilizables para el tratamiento va disminuyendo en general de abajo a arriba.

Quando el bambú está seco, la savia contenida en los vasos se seca también y los vasos quedan llenos de aire. Durante el proceso de secado, las faveolas dentro de los nudos se cierran y las aberturas de las células de parénquima quedan también obturadas por la propia savia seca de la célula.

Estos factores tienen una gran importancia en el tratamiento con sustancias conservadoras del bambú seco.

Para que una sustancia conservadora penetre en los vasos ha de vencer las fuerzas de tensión superficial y de fricción en los vasos, y para penetrar en las células de parénquima tiene que disolver la savia reseca cerrando sus poros y diluyéndose a través de las membranas de las células.⁶⁷



1.2.3.- COLORES Y FORMAS.

Es conveniente hacer notar que dada la gran variedad de especies y tipos de bambú sería muy engorroso describir todas las características de color, forma y dimensiones de todos ellos, por lo que solamente hacemos mención de las que consideramos más importantes, en el anexo No I se describen con mayor detalle las especies que se usan mundialmente en construcción

"No todos los bambúes son de color verde. Algunos son verdes con rayas amarillas. Otros son de color amarillo como la *Bambusa vulgaris* o amarillo con rayas verdes como la *Bambusa vulgaris var estriata*, que son especies originarias del Asia y cultivadas en América como ornamentales.

También hay unas pocas especies en Asia color blanco, rojo, púrpura o negro como la *Phyllostachys nigra*.

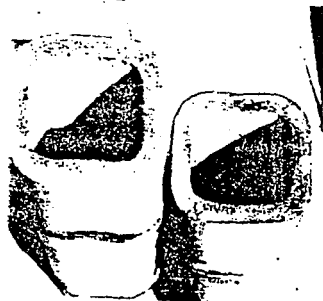
En cuanto a la forma de los tallos, algunos tienen entre nudos aplanados, tendencia que es muy marcada en la *Phyllostachys quadrangularis* o "Bambú cuadrado de China".

Vale la pena anotar que el bambú es la única planta cuyo tallo puede moldearse longitudinalmente o transversalmente por medios artificiales, usándose para ello moldes de madera o metálicos de sección cuadrada o rectangular, dentro de los cuales se hace crecer el tallo del bambú. Los tallos de sección cuadrada o rectangular obtenidos en esta forma, se

Bambusa ventricosa
"Buddha's belly bamboo"



Figure 10. Guadua de sección rectangular, deformada artificialmente.



emplean en Japón como elementos ornamentales, particularmente en las bardas cercas.

El libro de "Kuang-ch'un fang-p'u" publicado en 1707, de autor anónimo y traducido al inglés por M. J. Hagerty en 1919, se hace una descripción de sección triangular que existía en China donde se le conocía con el nombre de "Bambú triangular", (Sang leng chu).

En muy pocas especies como la *Phyllostachys edulis* algunas veces los nudos de la parte inferior del tallo aparecen diagonalmente formando un zigzag, y por ello los entrenudos toman una forma similar a la de un "caparazón de tortuga", por lo que se les da este nombre o el de "cara de Buda". Estos bambúes son muy apreciados y costosos por lo poco comunes.

No todos los bambúes son huecos en su interior. Algunos son macizos como la mayor parte de las especies del género *Chusquea*. Los bambúes que tienen esta característica, se les considera en el Japón como "bambúes machos", al igual que los que tienen nudos prominentes.

La mayor parte de los bambúes crecen erectos pero algunos pocos como el *Teinostachyum*, el *Feri*, se extienden o tienen habilidades trepadoras como el *Melocalamus compactiflorus*.⁷¹



Bambusa ventricosa
"Buddha's belly" in Puerto Rico



Figura 1. Forma natural de bambú conocida en Asia con los nombres de "caparazón de tortuga" o "cara de Buda".

1.2.4.- DIMENSIONES

Así como las formas, las dimensiones de los bambúes son muy distintas tanto en el diámetro, como en el tamaño de los internodios y su altura total, aquí hacemos mención solamente de los datos que a nuestro juicio son muy importantes:

"Según la especie las dimensiones de los tallos varían mucho, algunos son pequeños como la *Microbambusa macrostachys* que solo tiene unos pocos centímetros de altura, por lo que se les considera herbáceos. Otros son del tipo arbustivo como las *Arundinarias* y otros de tipo gigante como la *Guadua*, que alcanza entre 20 y más de 30 metros de altura y diámetros que varían entre los 10 y 15 centímetros.

El bambú de máximas dimensiones que existe actualmente es el *Dendrocalamus giganteus* de la India, que alcanza alturas entre 40 y 48 metros y diámetros que varían entre 20 y más de 30 centímetros.

Es indudable que debido a los cambios climáticos que se están presentando en el mundo y particularmente a la extensa e irracional explotación que se ha hecho de los bambúes, las dimensiones de las especies han disminuido progresivamente.

Este hecho puede comprobarse comparando las dimensiones dadas en antiguas descripciones que existen sobre algunas especies con las dimensiones actuales. Marco Polo dijo haber visto en uno de sus viajes por la India bambúes que tenían 45 o más cm. de diámetro que abiertos



Dendrocalamus giganteus. Bambú de gran diámetro
(Instituto de Investigaciones Forestales, Dehra Dun,
India)

FALLA DE ORIGEN

longitudinalmente al centro servían de botes, con los cuales los aborígenes atravesaban los grandes ríos.

"Empleando el método que explicaremos posteriormente en el anexo No V} para calcular la altura aproximada de un bambú, podemos conocer con certeza la altura que tenía el *Dendrocalamus giganteus* en la época de Marco Polo. Utilizando como factor 60, dicha altura era de $0.45 \times \pi \times 60 = 84$ metros. Comparando la altura y el diámetro que dicho bambú tenía con la que actualmente tiene, podemos deducir que la reducción de sus dimensiones ha sido aproximadamente del 45 %.

Algo similar ha ocurrido con la guadua en Sudamérica. Entre las pocas descripciones antiguas que se conocen de ella, Patiño, en 1975 anota lo siguiente que corresponde al historiador Oviedo y que data de 1526:

"...Pero entre muchas maneras de cañas, hay unas que son grosísimas y tan grandes cañutos como el muslo de un hombre grueso. Y de tres palmos y mucho más de luengo y que pueden haber más de un cántaro de agua cada cañuto..."

Teniendo en cuenta que el palmo era una medida de longitud equivalente a 21 centímetros, la longitud de la circunferencia era entonces de 63 centímetros o mucho más según la descripción, o sea que tenía un diámetro mínimo de 20 centímetros. Con base en estos datos, la altura mínima de la *Guadua* en 1526 era: $0.63 \times 58.2 = 36.66$ metros. Teniendo en cuenta que la altura varía actualmente entre los 20 y 30 metros y el



Dendrocalamus giganteus
with culms 25 cm thick and 35 m tall, in Ceylon

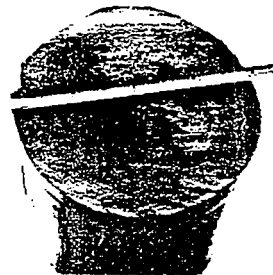


Figure 1. Corte a través del nudo de una guadua de 20 centímetros de diámetro.

diámetro entre los 10 y 15 centímetros, quiere decir que en 451 años la disminución de la altura y del diámetro de la *Guadua* ha sido también del 45%.

De acuerdo con las narraciones chinas, hace más de 2000 años existió en ese país, en la localidad de Yuan-ch'iu un bambú llamado "Ti-chu" de proporciones tan enormes que de uno solo de sus entrenudos se hacía un bote.

Según el libro "Informe relacionado con las cosas maravillosas" (Sheng i ching) escrito por Tung Fang-so, quien vivió en el siglo II antes de Cristo, el bambú "Ti-chu" crecía hasta una altura de varios cientos de *chang* (un *chang* = 10 pies). Su circunferencia medía 3 *chang* y 6 *ch'ih* (1 *ch'ih* = 1 pie), y el espesor de su pared era de 8 a 9 *tsun* (*tsun* = 1 pulgada).

Si no hay error en la conversión de las medidas chinas a las inglesas indicadas por Hægerty en su traducción, este bambú tenía una circunferencia o perímetro de 36 pies, o sean 10.97 metros, lo que corresponde a un diámetro de 3.49 metros. El espesor de su pared basal o inferior era de 20 a 22.5 centímetros.

La existencia de este bambú es confirmada en el tratado más antiguo que se conoce sobre usos económicos del bambú, llamado el "Chu-pu", escrito por Tai Kai-chih durante la dinastía Chin, entre los años 317 y 419 D.C., aunque otros autores dicen que fue escrito en el período de Sung, entre los años 420 y 477 D.C.⁸¹



Arundinaria amabilis, the noble "Tonkin cane bamboo" produced commercially in Kwangtung Prov., So. China

1.3.- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS BAMBÜES

El bambú crece en climas cálidos todo el año, en bosques de galería como lo mencionamos anteriormente, pero para ser mas precisos, vamos a puntualizar en que lugares se encuentra con mayor abundancia:

"El Bambú aparece como elemento más o menos abundante en la vegetación natural de muchas partes de las regiones tropicales, subtropicales y de temperatura moderada de todo el mundo, desde el nivel del mar hasta altitudes cercanas a los 4000 metros, siempre que exista una combinación adecuada de factores ecológicos. Su distribución natural es muy desigual, tanto en lo que respecta a la abundancia como a la variedad de clases en una zona determinada.

Por obra del hombre se ha ampliado grandemente la distribución de muchas especies del bambú. Este proceso probablemente se ha venido desarrollando desde hace largo tiempo y su alcance real no ha sido todavía estudiado. No obstante, algunas de las especies de mayor valor no han alcanzado una difusión importante y queda mucho por hacer para que esas especies lleguen a ser mejor conocidas y más asequibles en general.

No hay bambúes nativos en Europa y América del Norte y hay unos pocos en Australia. Es en Asia donde el bambú se encuentra en su ambiente, principalmente en Japón, China e India. El límite norte de su supervivencia está un poco más arriba de los cuarenta grados de latitud localizándose al

Cuadro 1. Principales géneros de bambú y su distribución. (Dransfield 1980, Liese 1985)

Género	Nº esp.	Distribución
Artrostyidium	20	América Central y Sur
Arundinaria	81	Asia, EE.UU., Africa, Australia, is. Azores
Bambusa	73	Asia Central y Oriental, Malasia
Cephalostachyum	9	Himalaya, India, Birmania, Tailandia, Malasia, Madagascar
Chusquea	71	México, América Central y Sur
Dendrocalamus	24	India, Filipinas
Dinochloa	9	Tailandia, Malasia, Java, Filipinas
Gigantochloa	12	India, Birmania, Indonesia, Filipinas
Guadua	29	América Central y Sur, Filipinas
Melocalamus	1	Bangladesh a Tailandia
Melocanna	2	Bangladesh, Pakistán, India, Birmania, Ochlandra
Oxytenanthera	11	India, Sri Lanka, Madagascar
Phyllostachys	18	Africa, Asia, Nueva Guinea, Himalaya
Sasa	25	Japón, China, Himalaya
Schizostachyum	25	Japón, China
Thyrsostachys	2	India, Filipinas, Madagascar, Hawaii
		India, Birmania, Tailandia

norte de Japón, y Pekín. Aquí la temperatura llega a los cero grados Fahrenheit, lo cual hace que la mayor parte de los tipos de bambú se extinga, exceptuando algunos que son los más fuertes.

En la flora aún poco conocida de África se han registrado unas veinte especies de bambú y muchas de ellas se emplean en la construcción de casas. Se ha descubierto que en la isla de Madagascar, cuya flora se conoce de manera más completa, posee más especies nativas de bambú, que las especies conocidas en la totalidad de África. Australia tiene quizás una media docena de especies nativas.

En el hemisferio occidental, la distribución natural del bambú se extiende desde el sur de los Estados Unidos a la Argentina y Chile. Unas 200 especies nativas de esa zona, pero están distribuidas en forma muy desigual.

Muchas de las especies registradas se conocen en forma muy imperfecta y algunas variedades tienen designado más de un nombre, pero la flora conocida del bambú en todo el mundo cuenta probablemente con un total de más de 700 especies, clasificadas en unos 50 géneros distintos.

Debido al auge de la demanda comercial, en muchos países son ahora corrientes las plantaciones de bambú. Su cultivo ha hecho que se introdujeran nuevas especies en países donde las nativas no cubran las necesidades locales.

Una especie originaria de China, "*Bambusa Textilis*", se cultiva ahora con éxito en el sur de los



Bambusa textilis, "Wong Chuk"
in People's Botanic Garden, Kwangchow, China

Estados Unidos y en Puerto Rico. Otra especie, "*Bambusa Vulgaris*", es posiblemente la especie más cultivada en América. En Guatemala y Nicaragua, esta especie ha reemplazado en gran parte a las especies nativas "*Guadua*".⁹⁷

1.3.1.- HÁBITAT

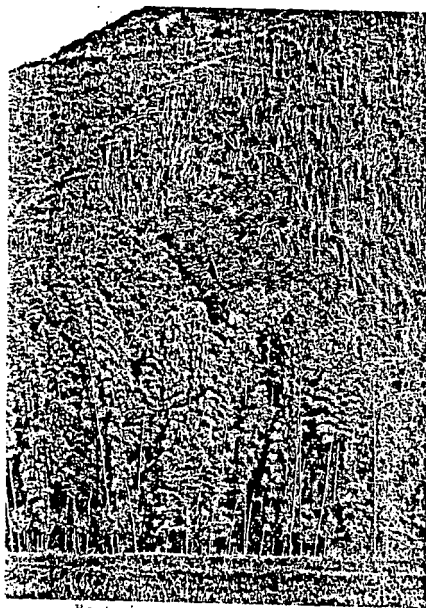
A pesar que el bambú es una planta que se ha propagado por casi todos los continentes, en algunas zonas determinadas se dan las características primordiales para su sano desarrollo y reproducción en seguida se hace mención de estas áreas:

"Los bambúes constituyen el componente más importante de los bosques en muchas partes del mundo. En zonas tropicales forman el substrato de bosques de hojas perennes o caducas. En la mayoría de los casos ese substrato consiste en una sola especie de bambú, pero a veces se hallan juntas varias especies.

Los bambúes crecen y alcanzan su máximo desarrollo en las selvas monzónicas, mientras que en las regiones templadas son como arbustos y a altitudes elevadas algunas especies casi parecen hierbas.

Los bambúes son buenos colonizadores. En Birmania, el Pakistán Oriental, y otras partes de Asia, hay bosques formados exclusivamente por bambúes, en las laderas se ha practicado la rotación de cultivos.

El bambú crece en una gran variedad de suelos, siempre que no sean demasiado ácidos ni alcalinos. Prefiere los lugares con buen



Bambusa
en vega aluvial, fondo de ladera en prono sometida al
pastoreo y con erosión incipiente.

FALLA DE ORIGEN

avenamiento y no se da en los terrenos pantanosos o encharcados.

Por haber aumentado la demanda, han surgido plantaciones de bambú en gran escala en la India, el Japón, Colombia, Brasil. Las plantaciones utilizan retoños cultivados en viveros. Los retoños se colocan formando un cuadro de 4x4 metros a 9x9 metros.

Este espaciamiento facilita el corte, la formación de gavillas y la extracción del bambú. Ocasionalmente, se utilizan pequeños tractores y en general las plantaciones ofrecen mayores posibilidad para mecanizar el cultivo y corte del bambú".^{10/}

1.3.2.- TIPOS DE BAMBÚ EN MÉXICO.

En el territorio Mexicano existen varias especies de bambúes algunas originarias de América y otras traídas de otros continentes para ser empleadas en diferentes aplicaciones, siendo las más apreciadas las que tienen colores y hojas muy llamativos pues su uso más difundido es en la decoración tanto interior como exterior de las construcciones y en los jardines como ya mencionamos anteriormente.

De las variedades más apreciadas es la *Chusquea spp.*, comúnmente llamada Chusque, Suro o Carrizo; esta clase de bambú crece en las tierras altas de las cordilleras mexicanas llega a tener tallos de cuatro metros de largo pero delgados y no muy fuertes podríamos decir relativamente débiles, algunos cuentan con médula en el centro de sus tallos.



Chusquea simpliciflora Munro. A, Rama complementaria incluyendo ramas con flores y estériles, casi 1x1/2; B, Tallo delgado terminalmente florecando casi 1x1/2; 1, Espiguilla; 2, Flósculo alargado con lema separada; 3, Flósculo alargado con lema y palea separada; 4, Glume y lodículas alargadas.

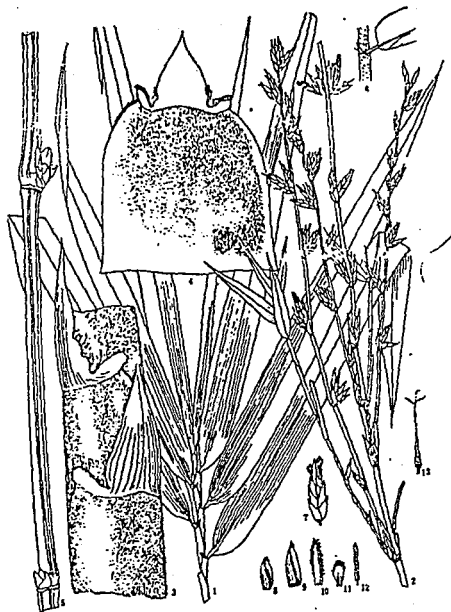
Esta planta se emplea principalmente en construcción para cubrir techados y para hacer entramados para muros de carrizo o revoque o en muros de bajareque.

Otra especie que se encuentra en diferentes zonas tropicales del sur de México es la *Guadua aculeata* denominada popularmente como tarro y alcanza hasta 22.5 metros de altura y su tallo es de 12.5 centímetros de diámetro, sus internodios son relativamente cortos y su sustancia leñosa tiene un espesor mediano. Se le da un uso general y se aprovecha muy poco en construcción.

El bambú comúnmente llamado Mosquito o Cauro es la *Guadua amplexifolia*. esta variedad se encuentra desde el sureste mexicano hasta Venezuela, sobre todo en Centro América. Sus tallos alcanzan los 18 metros de altura y tienen un diámetro de 10 centímetros, sus internodios son cortos y los tramos inferiores son semimacizos. Su empleo no es muy conveniente en construcción y su uso está muy limitado.

La bambusa *Bulgaris* Schord , es una planta cultivada en zonas tropicales o templadas de México, originaria de oriente (Jaba y otras islas del archipiélago malayo). Con tallos de más de 20 metros de altura. En San Luis Potosí recibe el nombre de bambú patamba. En algunos lugares de Chiapas se le conoce como *bish*. Se le da un uso general y es poco empleada en construcción.

La bambusa *Bamboo Drune*, al igual que la *bambusa arundinacea* es originaria de la India y cultivada en México en regiones calientes tanto del Golfo como del Pacífico, alcanza mayor altura que la anterior (hasta 30 m); su tallo es verde al principio y después amarillo dorado, con ramas delgadas, curvas y espinosas. De uso general se emplea en estructuras provisionales o para soportar techumbres de palapa.



1.4.- SIEMBRA Y PROPAGACIÓN.

Por que el bambú tiene características de floración muy especiales, en esta parte de la tesis describimos las técnicas que en la actualidad se emplean para lograr su siembra y propagación con mayor éxito.

"La propagación puede hacerse por medio de la siembra de semillas resultantes de una floración, o vegetativamente al utilizar partes de la misma planta, como son sus rizomas o raíces, o las secciones del tallo que contengan yemas desarrolladas o la parte basal de las ramas. Como la floración del bambú sólo se presenta a intervalos o ciclos muy largos, no es común el empleo de semillas para su propagación.

Sin embargo, al presentarse floraciones esporádicas es posible usar sus semillas para este propósito, a pesar de ser muy difícil su recolección debido a que la mayoría de las flores resultan vacías o vanas y sólo algunas contienen semillas. La mejor manera de encontrar la semilla en la flor es palpando con los dedos las semillas más maduras.

1.4.1.- PROPAGACIÓN POR RIZOMAS

La más efectiva y segura forma de propagar el bambú vegetativamente es empleando la siembra de rizomas completos, que tengan uno o más años de edad y yemas no desarrolladas. Por lo general el primer brote aparece a los 30 días del sembrado.



Figura 1.4.1.- Flor de la guadua



Figura 1.4.2.- Propagación de la guadua por rizomas. Por cada rizoma dos yemas se desarrollan en tallos.

1.4.2.- PROPAGACIÓN POR SECCIÓN DE TALLOS.

Esta propagación se logra al emplear secciones de tallos que contengan yemas o la parte basal de las ramas, no es tan efectiva como la siembra de rizomas. Este sistema aparentemente da resultado sólo si se emplean secciones de bambú que tengan más de dos años de edad.

Las secciones se cortan con uno, dos o tres internodios completos, teniendo cuidado de no dañar las yemas o de averiar la base de las ramas. Antes de sembrarse, cada internodio se perfora por el lado que va a quedar hacia arriba, teniendo en cuenta que las yemas deben quedar a los lados. Posteriormente cada internodio se llena de agua hasta las 3/4 partes y se cubre con una capa de tierra mayor de 10 cm. el primer brote tarda hasta 60 días en salir o menos si se trata con hormonas.

La mejor época para sembrar tanto los rizomas como las secciones de tallo es al principio de la época de lluvias. Igualmente se cree que la época más apropiada para cortar el bambú es durante el verano.

Para cuidar más fácilmente los brotes debe construirse inicialmente un vivero, de donde son transplantados a la zona de cultivo al cabo de un año. En la zona de cultivo las plántulas deben sembrarse con una separación en cuadros de 8 a 9 metros, esto en el caso de los bambúes que tienen gran diámetro. Para otras especies de menor

Figura 1.4.2.1. Propagación por secciones de tallo con yemas. Vista lateral de la sección del tallo enterrado, en la cual se muestra la posición de las perforaciones que se hacen para llenarlos con agua.

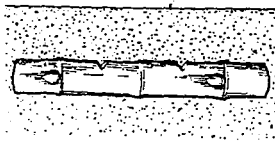


Figura 1.4.2.2. Primeros brotes y raíces obtenidos de una sección con yemas.



diámetro la separación no debe ser menor a los 4 metros.

La propagación vegetativa, usando rizomas o secciones de tallo tiene muchos problemas, principalmente cuando se trata de establecer grande áreas de cultivos industriales, por ejemplo los requeridos para una fábrica de papel, no sólo por la labor que ello representa sino porque prácticamente se destruyen varios sembrados de bambú para obtener los suficientes retoños para el nuevo cultivo.

En base a lo anterior y teniendo en cuenta la gran destrucción que se ha dado a muchos bambuares y con el fin de incrementar la creciente demanda de elementos de construcción, es necesario iniciar la reforestación de los bambuares y reponer las áreas que fueron arrasadas o destruidas para tener lugares en donde conseguir renuevos y por lo tanto debemos ahora aprovechar los recursos que nos quedan.

Para lograr la reforestación en gran escala de las diversas zonas del país que, dadas sus características climáticas, puedan proporcionar los mejores cultivos del bambú.

1.4.3.- PROPAGACIÓN POR CULTIVO DE TEJIDOS

En Colombia es tan preocupante el problema de la extinción de sus bambuares causada no sólo por la intensa explotación de la guadua sino por el crecimiento de las áreas de cultivo de la caña de

Figura 1.4.3.1 Propagación de la guadua por secciones de tallo con parte inferior de las ramas. Vista lateral de la sección.

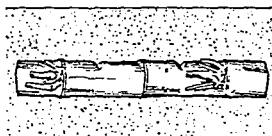


Figura 1.4.3.2 Formación de los primeros brotes en las ramas.



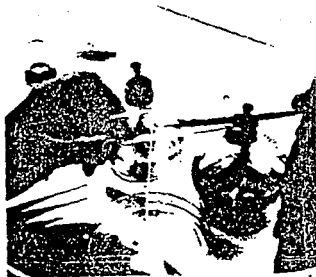


Figura 200. Colocación del meristemo apical sobre la pasta nutritiva en un tubo de vidrio.



Figura 201. En cada tubo de vidrio se cultiva un meristemo apical o axilar, de cada uno de los cuales se obtendrá posteriormente un gran número de plantas.

azúcar, café y plátano que se ha solicitado a la Universidad la colaboración de varios científicos con el fin de experimentar en la guadua la nueva técnica denominada "cultivo de tejidos".

Esta técnica consiste en cultivar en laboratorio secciones de crecimiento de la planta como son: el meristemo apical, localizado en el ápice del cogollo del bambú, y los meristemos axilares que corresponden a las yemas de los tallos y rizomas.

Una vez que estas partes se extraen de la planta, se subdividen y colocan en tubos de ensayo en los cuales previamente se ha colocado una gelatina que contiene macro y micro nutrientes, así como también hormonas, de los cuales obtendrá su alimento.

Con los días, si no es atacada por los hongos, la sección del meristemo forma un callo, el cual se subdivide y cada una de sus partes se coloca dentro de otro tubo de ensayo que contiene otras sustancias nutritivas que hacen que las secciones del callo se transformen en plantas, después de lo cual se trasplantan a un suelo tratado y posteriormente a zonas de cultivo.

Este sistema entre las muchas ventajas que tiene es que de un sólo meristemo pueden obtenerse cientos de plantas, todas ellas con las mismas características del bambú del que se obtuvieron los meristemos, lo que permite cultivar especies de grandes dimensiones o características sobresalientes. 11/



Figure 100. Primeros experimentos sobre cultivo de tejidos de guadua. Cono superior obtenido de un cogollo de la guadua, el apice del cual corresponde al meristemo.

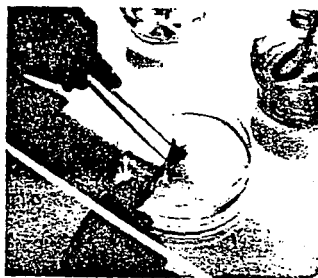


Figure 101. Extracción del meristemo apical del cono superior del cogollo, indicado en la figura anterior.

Después de más de 10 años de experimentación se han logrado obtener hasta 1600 retoños de cada tallo al cual se le han tomado los meristemas con este fin.

1.5.- DESARROLLO, CRECIMIENTO, CULTIVO, PRESERVACIÓN Y CURADO.

La rapidez del crecimiento del bambú es una de las maravillas de la naturaleza. Desde el momento en que un brote sobresale de la tierra hasta completar su crecimiento, transcurren solo 60 días. Después de este período el tallo hace muy poco: no gana altura, no se engruesa, y solo tiene un pequeño cambio. Está vivo, por supuesto, de hecho busca su sustento ávidamente aunque aparentemente no para sí mismo, sino para proveer de comida a los brotes que tienen éxito y para la red de rizomas y de jóvenes tallos que constituyen su familia.

El vigor y la fertilidad del bambú también son de remarcarse. Cada año aparecen retoños en gran cantidad, que luego se reproducen, y que también crecen hasta que son marcados y disciplinados por el hombre. El bambú se propaga asexualmente por la ramificación del rizoma subterráneo.

1.5.1.- SILVICULTURA

Es imprescindible incrementar la propagación del bambú pero enseñando a los campesinos el aprendizaje de su silvicultura o sea el aprovechamiento apropiado de los bambueros. Probablemente ha sido la falta de este conocimiento lo que ha llevado a muchos campesinos a arrasar o vender sus

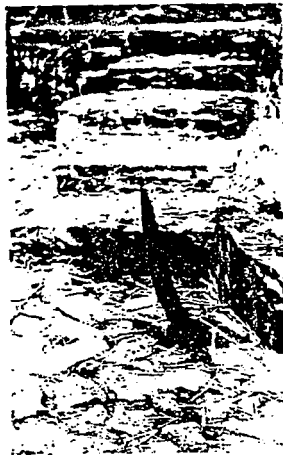


Figure 1.5.1. El crecimiento de la guadua o de cusiculer otro bambú, es tan vigoroso que pueda levantar hasta un piso de piedra como el que se muestra en la figura.

bambuaires con el mismo resultado ya que el comprador se encarga de destruirlos.

"Es probable que los campesinos cambien su manera de pensar, si antes de proceder a arrasar su bambuar se dan cuenta que se requieren de 12 a 15 años para sembrar y recuperar lo que le toma menos de una semana destruir.

También es importante que se dé cuenta que el comprador obtiene el máximo provecho en este negocio al cortar hasta los bambúes más jóvenes, lo que trae como consecuencia un atraso de 6 años en el desarrollo del bambú y los nuevos cogollos saldrán más delgados y por consiguiente de poca utilidad.

Debemos convencer al campesino y la mejor forma de hacerlo es demostrándole que un bambuar puede ser un gran negocio si se aprovecha y administra apropiadamente, para lo cual es necesario tener en cuenta los siguientes principios:

a) Un bambuar es un cultivo como cualquier otro y por lo tanto requiere de los mismos cuidados de limpieza, abonos y en general de un buen mantenimiento.

b) La mejor forma de cortar el bambú, cualquiera que sea su condición, debe hacerse con machete, a ras y sobre el primer nudo del tallo que se encuentre ya sea sobre el suelo o a continuación del rizoma, en el caso de que éste se encuentre muy superficial. Si se dejan 2 o más internodios sin cortar, las yemas de éstos se desarrollarán formando ramas que después impiden el paso.



Dendrocalamus giganteus
the "Giant bamboo", in Peradeniya, Sri Lanka

c) Se debe mantener y hacer una limpieza completa del bambuar a fin de facilitar el corte, la sacada del material y los movimientos dentro de él.

Con este propósito deben cortarse y sacarse todos los bambúes caídos, partidos o doblados, como también las ramas que hayan brotado de tallos mal cortados. Al mismo tiempo deben cortarse los tallos muy viejos y secos sí como los que se observen enfermos y deformes aunque ellos no estorben el paso.

d) El aprovechamiento consiste en cortar o entresacar sólo los tallos de bambúes que hayan completado 3 o más años de edad. Esto se conoce cuando en la superficie del bambú empiezan a salir manchas blancas, las que se notan más definidas en los tallos de más edad.

En el aprovechamiento de bambuares grandes conviene llevar un control o señalamiento de los nuevos cogollos que vayan apareciendo, lo que se puede lograr al colocar un aro de alambre galvanizado con una tablilla de madera en la cual se indica la fecha de nacimiento y enredándolo a manera de collar, en la base del cogollo, y si se quiere, a los tres años puede hacerse el corte ya que esto facilita a los obreros el reconocimiento de las edades del bambú.

e) Una de las precauciones que deben de tomarse al completar el tallo los tres años si se observa que de su rizoma se ha formado o desprendido uno nuevo, es que no debe cortarse



Phyllostachys sulphurea
"Yellow running bamboo"



Guadua angustifolia
a giant clump-forming bamboo, Montego Bay, Jamaica

sino hasta el año siguiente cuando el nuevo rizoma haya formado otro con ramas y hojas.

f) Es conveniente abonar los nuevos cogollos con abonos comerciales o con excremento de gallina. Se tiene la errónea idea de que los bambuares se preservan al no tocarlos, dejándolos sin cortar.

Los bambuares deben de cortarse periódicamente como se explicó anteriormente, o efectuando grandes entresacas anuales con el fin de mantener la actividad de las plantas. En bambuares que por muchos años no se han tocado, se puede observar que al cortar los bambúes del centro, no aparecen nuevos cogollos y por ello se ven grandes claros.

La razón de esto es que el rizoma se vuelve improductivo después de los 5 o 6 años y no genera nuevos rizomas y por consiguiente nuevos tallos. En cambio, si los tallos se cortan periódicamente, sus rizomas producen en menos de un año nuevos rizomas y éstos a su vez nuevos tallos.

Por el contrario, la sobreexplotación intensiva de los bambuares, cortando hasta los tallos más jóvenes, trae como consecuencia que los nuevos tallos aparezcan cada vez con menor diámetro y baja resistencia, lo que puede llevar, si se continúa con esa práctica, a la destrucción total del bambuar. Lo que se aconseja en estos casos es dejar descansar el bambuar por varios años y abonarlo periódicamente. 12/



Figura 122. Guadua en mal estado. Las guaduas caídas además de que interrumpen el acceso al guadua, impiden que los nuevos tallos se desarrollen derechos.



Dendrocalamus giganteus, the "Giant bamboo," photographed with the author in tropical Ceylon. This giant of the Bamboo tribe grows to 32 m high, with stems 25 cm in diameter.

1.5.2.- FLORACIÓN

Se han registrado hechos interesantes respecto a los hábitos de floración de los bambúes. muchos bambúes, especialmente los que florecen a largos intervalos, mueren pronto después de florecer y fructificar.

Luego, en la estación lluviosa inmediata, se produce una regeneración, pero se necesitan varios años para que maduren tallos de dimensiones plenas. También se han observado muchas variaciones de este hábito normal en la India y en otros países. A veces solo algunos de los tallos florecen y mueren, pero no los demás.

Algunas especies florecen anualmente sin morir. Se han registrado casos de bambúes de diferentes especies que se han recuperado después de florecer. En general, puede considerarse que la ausencia de tallos nuevos es un indicio fidedigno de una floración futura al año siguiente, pero no siempre es así.

" Hay dos tipos de floración en los bambúes: esporádica y gregaria. En la primera, una mata perdida entre otra, florece y echa semillas en el bosque de bambúes. En la segunda, todos los tallos de bambú que crecen en el bosque florecen y granan. La floración gregaria se produce a intervalos periódicos de varios años y varía según las especies de bambú.

Después de esta floración se produce una abundante regeneración natural y el suelo queda cubierto por una espesa alfombra de brotes.



Figura 100. Floración de la *Bambusa arundinacea* ocurrida en Palmira, Colombia en 1974. Fotografía de una de las matas tomadas cuatro meses después de iniciarse su floración.

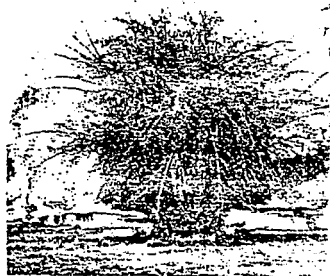


Figura 101. Muerte del bambú. La misma mata de bambú 18 meses después de iniciarse su floración, al final de la misma. Los tallos y ramas se encuentran ya secos.

Sucede infrecuentemente, según la especie, a tan largos intervalos como cada 60 o 120 años; y luego, la mayoría de las plantas perece.

El florecimiento puede suceder una sola vez en varias generaciones de seres humanos y su ocurrencia (tal y como sucede con los grandes cometas) es tomada como presagio de grandes desastres.

Como portento, este evento se vuelve más impresionante en cuanto a que el florecimiento de una especie ocurre en casi todo el país en forma simultánea, inclusive en los brotes transplantados a otros países. Esto es visto como una satisfactoria prueba de que el gen se regó desde una misma planta en algún período ahora obscurecido por las nieblas del tiempo.

De hecho, el florecimiento se esparce por uno o dos años. Cuando este fenómeno sucede, provoca problemas muy serios a la confraternidad del bambú, y se necesitan alrededor de 10 años o más para que los bambuales restantes vuelvan a su forma anterior. Esto si los brotes se desarrollaran a su debido tiempo y la formación de los tallos se completara en un período máximo de 12 años según la especie.

En el pasado no se había recurrido a la regeneración artificial en gran escala debido a la abundancia de la regeneración natural de los bosques después de la floración gregaria. Pero en los últimos años se han iniciado plantaciones de bambuales en gran escala. La regeneración por



Figura 107. Detalle de los tallos y ramas completamente secos. Los tallos comenzaron a secarse de arriba hacia abajo aproximadamente 12 meses después de iniciada la floración, la cual tuvo una duración de 18 meses.

Figura 108. Como consecuencia de la floración esbomónica que se presentó en Colombia en los años de 1976 y 1977, muchos guaduales sufrieron serios daños como el que se aprecia en la fotografía debido a que los tallos que florecen pierden resistencia y son fácilmente doblados por el viento, partiéndose por su base.



FALLA DE ORIGEN

siembra no resulta práctica en el caso de especies que no florecen con frecuencia o cuando florecen no producen semillas.

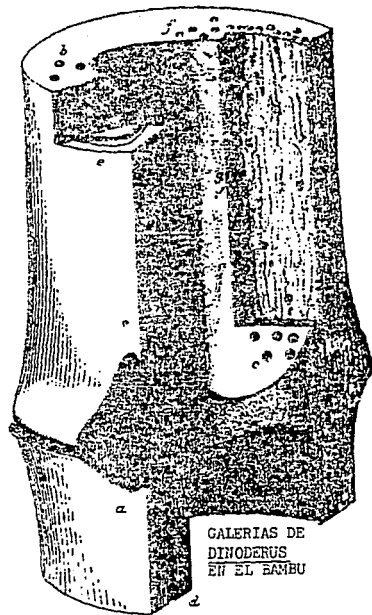
1.5.3.- PLAGAS

El deterioro por ataques de insectos y hongos es el inconveniente más grave del bambú como material de construcción. Con frecuencia este deterioro impone que las estructuras de bambú se reconstruyan cada dos o tres años.

Con un tratamiento adecuado con substancias de preservación, la vida de una vivienda de bambú puede prolongarse a 15 años o más. Si se prolonga la duración de la vivienda de bambú se originan varias consecuencias.

La inversión inicial puede multiplicarse por cinco. Esto permite hacer una casa mas grande, mejor construida y mejor equipada. Antes de construir esa casa el habitante del medio rural podría investigar varios planos arquitectónicos y fachadas. Tal vez desee utilizar materiales disponibles comercialmente como dispositivos de fijación, material de cubiertas y pilotes o zapatas de concreto para cimientos.

Con una estructura permanente, estaría justificado construir una ampliación para tener el servicio de sanitarios, dentro de la casa, una instalación de agua corriente en el interior y, con una adecuada protección contra incendios, una cocina también dentro de la vivienda. Estas consecuencias mejorarían grandemente la calidad



Un bambú atacado por el coleóptero Dinoderus

de la vida del habitante medio de una población rural.

1.5.4.- PRESERVACIÓN

Los tratamientos de protección adaptados al nivel de los recursos y conocimientos del medio rural son tan importantes como los tratamientos comerciales de impregnación similares a los que se utilizan en la madera. Se dispone de técnicas de protección adecuadas a diversos niveles de conocimientos y situaciones.

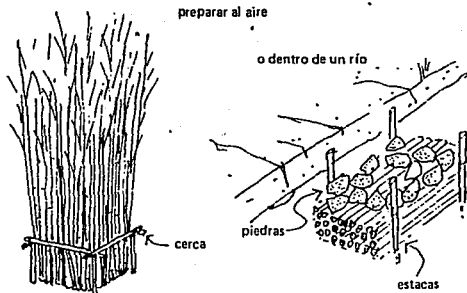
Los métodos tradicionales de amplia utilización para aumentar la duración del bambú cuestan muy poco y pueden aplicarse sin ningún equipo o conocimientos técnicos especiales. Entre ellos figuran la lixiviación con agua y lechada de cal.

Cada uno de estos métodos aumenta la duración del bambú, en especial contra los coleópteros Bostrichidae y Lyctidae. A menudo es necesario dotar de una mayor protección al bambú con sustancias químicas conservadoras.

Entre las técnicas para su aplicación figuran: la aplicación con cepillo, por rociamiento, por frotamiento, inmersión, tratamiento de baño caliente y frío, método Boucherie y tratamiento de presión. Todas estas técnicas se explican detalladamente en el anexo No II.

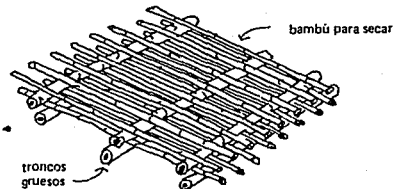
Se obtienen buenos resultados contra los insectos horadores con bórax, ácido bórico y

Con este tipo de preparación al aire, el bambú mantendrá su color natural y no sufrirá más influencias de los hongos.



⇒ La otra manera de preparación se logra dejando los troncos cortados y sin hojas en agua de algún riachuelo. Se dejarán por lo menos 4 semanas.

⇒ Al aire libre: Deben dejarse dos meses en un lugar ventilado, protegidos del sol y la lluvia y colocados en camadas y separados por troncos gruesos. El tiempo de secado será de dos meses.



FALLA DE ORIGEN

pentaclorofenato de sodio, que son absorbidos fácilmente por el bambú.

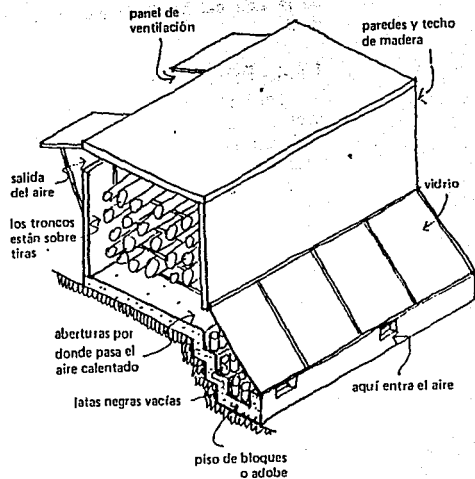
El último producto es bueno además contra las manchas de savia. Debido a su lixivialidad, deberá someterse al bambú tratado, a otro tratamiento hidrófugo con material como la cera de parafina o aceite de tung.

1.5.5.- TRATAMIENTO IGNÍFUGO

Aunque no se han realizado muchos trabajos sobre la protección del bambú contra el fuego, es posible tratarlos con productos químicos ignífugos, de la misma manera que la madera. Sin embargo es probable que el costo resulte demasiado elevado para el tipo de casas que se construyen generalmente con bambú. Es conveniente tratar el bambú con la siguiente composición ignífuga y antiséptica:

Fosfato amónico.....	3 partes
Ácido bórico.....	3 partes
Sulfato de cobre.....	1 parte
Cloruro de zinc.....	5 partes
Bicromato de sodio.....	3 partes
Agua.....	hasta 100 partes.

Se agregan a la solución unas pocas gotas de ácido clorhídrico concentrado para disolver las sales precipitadas. El ph de la solución es aproximadamente 3.5.



Nota: Este almacén solar también sirve para secar alimentos.

➔ Aire caliente: Es otro método rápido. Se construye un almacén con un calentador solar de aire. El calentador se construye con bloques, latas pintadas de negro y vidrio o pliego de plástico. El almacén debe tener paredes aislantes para que el calor no se pierda durante la noche. De día, se controla el flujo de aire con paneles, que por la noche quedan cerrados.

Edades aproximadas de los bambúes para diferentes utilizaciones
(Llidalgo 1981)

1.5.6.- CURADO

Un método sencillo de aumentar la resistencia de los tallos de bambú recién cortados a los insectos, es el curado en mata. El curado en mata consiste en colocar los tallos recién cortados en posición casi vertical apoyados en los tallos que no se han cortado durante un período de cuatro a ocho días, sin quitarles las hojas

El objeto es conseguir la mayor sequedad posible de los tallos y disminuir el contenido de almidón, del que se alimentan los insectos, El extremo inferior del tallo recién cortado se espolvorea utilizando para ello una bolsa de espolvorear llena de una mezcla al 5% de DDT y talco.

El tallo cortado se separa del suelo colocándolo en una piedra o ladrillo. Se introduce un palo o varilla en el extremo inferior del tallo para impedir el ataque de los hongos. Luego se retiran los tallos secos, se desbastan y se transportan al lugar de almacenamiento.13/

1.6.- USOS DEL BAMBÚ

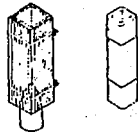
Los usos del Bambú, son tantos y tan variados, que es muy monótono y poco práctico tratar de enjistarlos a todos, por lo que aquí mencionaremos a los más importantes, y que son los que han hecho que a través del tiempo sea uno de los materiales naturales más versátiles, ya que con él los seres humanos fabrican desde los objetos de arte más delicados,

EDAD: 30 DIAS

Alimento humano



Deformación artificial para obtener bambúes de sección cuadrada



DOS AÑOS

Tableros de esterilla



Latas



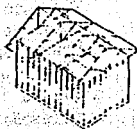
6 MESES UN AÑO

Canastas y Paneles tejidos



TRES AÑOS O MAS

Estructuras



Baldosas laminadas



FALLA DE ORIGEN

hasta los más sencillos y útiles enseres domésticos de los cuales la mayoría corresponden a aplicaciones efectuadas en los países asiáticos.

Sus componentes biológicos lo han llevado a ocupar lugares importantes en la medicina tradicional y también como material para fabricar ropa, productos químicos, farmacéuticos, etc.

"En otros campos como la Arquitectura, la Ingeniería y muchas aplicaciones industriales de las cuales hablaremos más tarde, es también el bambú un elemento de gran versatilidad y eficacia.

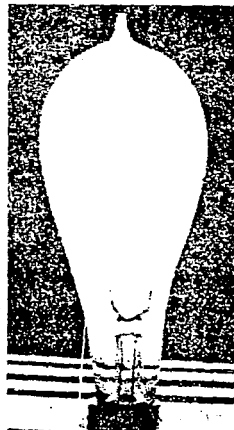
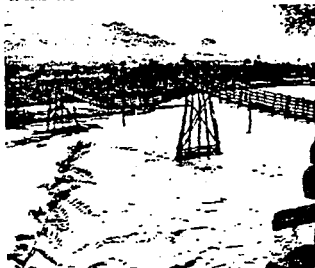
Ya desde la prehistoria, los pueblos que se han desarrollado en lugares donde el bambú es originario (la mayoría países orientales y algunos americanos), lo han tenido en un lugar preponderante de sus vidas, incluyendo la veneración como una divinidad y como causante del origen del ser humano.

Muchos de los usos primitivos que se le dieron al bambú fueron el origen de grandes inventos, así mismo de máquinas y herramientas que hoy se fabrican en acero y otros materiales.

En Ingeniería, entre las muchas aplicaciones que se le ha dado al bambú, quizás la más sobresaliente ha sido su empleo como cables en la construcción de grandes puentes colgantes.

En el campo de la energía eléctrica, el bambú tuvo su aplicación más sobresaliente en el descubrimiento de la luz incandescente, pues su inventor Thomas Alba Edison utilizó en su primera bombilla un filamento carbonizado de bambú.

Figura 1000. Puento colgante con cables de bambú construido sobre el río Min en China. Tiene una longitud aproximada de 225 metros y es el más largo que se conoce en su tipo. Los cables de bambú utilizados en la construcción de puentes colgantes llegaban a tener hasta 30 centímetros de diámetro.



Los científicos japoneses Miyake y Sugiura, en 1951, demostraron que el carbón preparado con ciertos bambúes tiene propiedades superiores a los obtenidos de fuentes convencionales, para la fabricación de baterías eléctricas.

En Química, relacionado a los combustibles, en 1921, Whitford obtuvo alcohol de la pulpa del bambú. Posteriormente, en 1947, Piatti obtuvo por destilación de tallos de bambú, un líquido combustible para máquinas diesel.

En aeronáutica, el bambú prestó un papel de trascendental importancia en la invención del aeroplano, del helicóptero y del cohete espacial. El aeroplano tuvo su origen en las cometas hechas de bambú, cuya invención se remota al año 372 a. J.C. El primer avión con fuselaje recubierto con paneles tejidos de bambú fue construido en Filipinas en 1952 por el Ing. Antonio J. de León.

En 1932, en Japón los ingenieros hicieron las primeras hélices de bambú laminado para aviones, las cuales fueron experimentadas con mucho éxito, resultando más elásticas, durables y económicas que las hechas en esa época con maderas convencionales.

El cohete intercontinental y espacial, impulsado por retropropulsión se originó en los cohetes y juegos pirotécnicos que los chinos fabrican utilizando intermedios de bambú rellenos de pólvora.

El helicóptero, según Joseph Needham, tuvo su origen en un juguete chino llamado "dragón de



Figura 300. Avión experimental Mags XL-14 construido en Filipinas. Su fuselaje fue recubierto con paneles tejidos de bambú, y acabado en su parte externa con varias capas de pintura protectora.

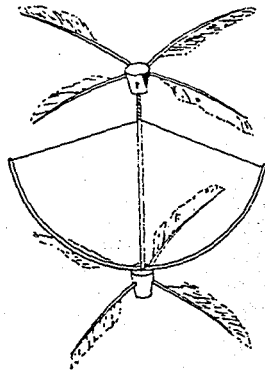


Figura 301. Dragón volador de bambú. Juguete chino considerado como el origen del helicóptero.

bambú" consistente en dos aspas de plumas colocadas en los extremos de un eje de bambú que giraba con la energía producida por un arco tensionado similar al de lanzar flechas.

El bambú ha sido utilizado desde tiempos inmemorables en diversas formas para la elaboración de textiles. En China se elaboraban vestidos tejidos con finas cintas de bambú, o usando pequeños segmentos de tallo que se enhebraban formando una retícula cuadrada o triangular.

En el Japón, los famosos guerreros Samurais usaban chalecos protectores elaborados de igual forma pero empleando una retícula más compacta y secciones de bambú más gruesas. En las Islas Célebes, las fibras de bambú se separaban por masticación de pequeños trozos de bambú que luego se anudaban para formar largos hilos con los cuales se tejían diversas prendas.

En la actualidad, la India es el primer productor en el mundo, de telas de rayón, obtenidas del bambú.

Los chinos escribieron sus primeros libros sobre tablillas de bambú. Después, en el año 105 D. C., inventaron el papel usando primero la seda como materia prima y luego el bambú. Aún hoy, se continúa empleando en China, a pequeña escala, la misma técnica que se implantó a principios de la Era Cristiana.

En 1910, en la India, surgió la idea de utilizar el bambú en la fabricación de papel a escala

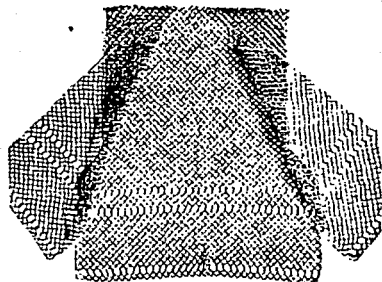


Figura 100. Chaleco hecho con pequeños segmentos de bambú, utilizado en China como bl, o como camisa interior para aislar el vestido del sudor del cuerpo.

industrial, pero sólo fue puesto en práctica a partir de 1925. En la actualidad, el 70% de la pulpa empleada en la India para la fabricación de papel, es obtenida del bambú. 14/

1.6.1.- EN ORIENTE

Resultaría imposible hablar del Oriente y toda su población sin tomar en cuenta al bambú ya que desde épocas prehistóricas y durante el transcurso de los siglos los asiáticos lo han empleado y aceptado por muchas razones, influyendo en su vida diaria y variando su empleo desde servir a los propósitos más mundanos, hasta llegar a los usos más refinados.

Las naciones del Occidente usan la palabra bambú; en Japón lo llaman také y en China, chú. En la primera edición de la Enciclopedia Británica se mantiene esta denominación. El origen de la palabra no está claro: la explicación aceptada propone que se deriva de una palabra malaya onomatopéyica que imita el explosivo ruido que hace el bambú cuando se quema. Marco Polo también observó cómo los viajeros ataban varios tallos verdes y los suspendían cerca de la hoguera: estallando a intervalos durante la noche, esto amedrentaba a cualquier bestia merodeadora.

En el Japón como en la China, así como en todo el sudeste asiático, es tradicional el uso del bambú y todo paisaje ya sea rural o suburbano cuenta con la belleza de elementos constructivos de bambú, desde puentes, cercados y bardas, hasta muros, celosías, ventanas y puertas, techumbres y casas completas.

Las viviendas se construyen de bambú; es ampliamente empleado en utensilios para beber y comer y para muchos otros utensilios domésticos, herramientas, instrumentos



Figura 14. Puente tirantado de bambú originario de Java y Borneo. Nótese la limpieza del acabado de la estructura y del piso.



Figura 15. Rueda hidráulica de bambú utilizada en Borneo para mover los rodillos de madera con los cuales se mueve la caña.

musicales, armas, juguetes y elementos de transporte. Así mismo, provee alimento, materia prima, cobijo y hasta medicina para la mayor parte de la población mundial.

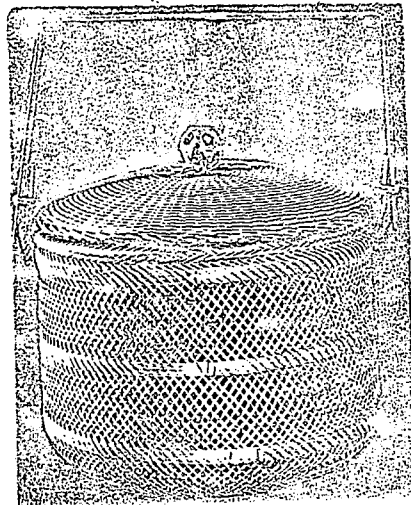
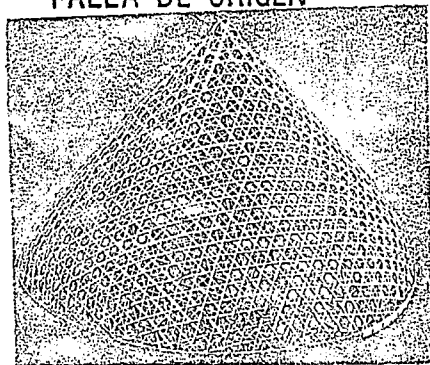
Las raíces entrelazadas de bambú encausan los ríos crecidos y durante los temblores, mantienen en pie las delicadas viviendas de las villas rurales. Llegando a ser para algunos pueblos primitivos elemento indispensable para su subsistencia.

"Hace tiempo alguien hizo una observación un poco pesimista diciendo: ¿qué haría un pobre chino sin el bambú? Independientemente de su uso como comida, lo provee de la paja que cubre su casa, la cama en la que duerme, la taza en la que bebe, los palillos con los que come. Riega sus campos por medio de una tubería de bambú; su cosecha la recolecta con un rastrillo de bambú; su grano lo cierne con un cernidor de bambú, y lo acarrea en un cesto de bambú. El mástil de su junco es de bambú, así como el eje de su carro. Es azotado con una caña de bambú, torturado con astillas de bambú y finalmente estrangulado con una cuerda de bambú.^{15/}

Además de todas las aplicaciones antes mencionadas, se han obtenido para la industria Química y Farmacéutica productos tales como los que Kato en Japón extrajo de los cogollos del bambú, siendo enzimas tales como la *nucleasa* y la *diaminasa* y otra que disuelve la *fibrina*.

También de los cogollos Yoshida e Ikejiri obtuvieron un extracto acuoso superior a los corrientes para el cultivo de ciertas bacterias patógenas como la *shigella* y la *brucella*. En China, en 1938, Chang aisló, entre otras sustancias, un

FALLA DE ORIGEN



compuesto cristalino relacionado con la hormona sexual femenina.

El carbón de ciertos bambúes, además de ser utilizado por los hulleros orientales, por el sílice que contiene, se emplea en la India con fines farmacéuticos. Las hojas de bambú, que en Así tienen un gran valor nutritivo como forraje, fueron empleadas por Chiharu Oyama para obtener un producto que desodoriza, entre otros, al aceite de pescado.

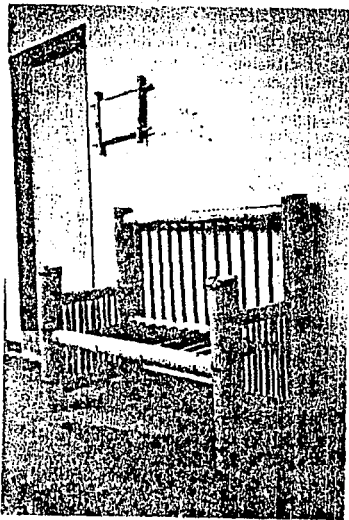
En la China e India, se emplean diversas partes del bambú y algunas de sus secreciones con fines medicinales. La cubierta o cutícula del tallo es utilizada en China en la preparación de una bebida antipirética y las yemas verdes de las hojas, en la preparación de una loción para el lavado de los ojos.

La secreción sílicea opalina, que se deposita entre los internodios de ciertas especies de bambú, se emplea en China e India en la preparación del famoso Tabashir, el cual se considera que cura el asma, la tos y que además tiene propiedades afrodisíacas.

1.6.2.- EN AMÉRICA DEL SUR

Como menciona el arquitecto Oscar Hidalgo López en sus libros, Colombia en un país en el que el bambú es el material más empleado en los medios rurales, tanto en la construcción de sus viviendas, como en puentes, muros de contención, cercas, muebles, utensilios de uso doméstico y muchas otras instalaciones requeridas por los campesinos en sus trabajos y vida diaria.

También se emplea el bambú en los medios urbanos en la construcción de vivienda popular; generalmente como elemento de refuerzo estructural y formando parte del



Los muebles de bambú son ampliamente apreciados en los países desarrollados. (Foto: Y. Widmer)

FALLA DE ORIGEN

entramado de los muros de bajareque o de repellado con mortero de cal.

Así mismo se emplea en la fabricación de puertas y ventanas de estas viviendas. De la misma manera, se fabrican muebles de todo tipo y elementos de decoración como lámparas, persianas y cortinas.

En Sudamérica, en especial en Colombia, el bambú se usa en la medicina popular, hirviendo las hojas para fabricar un té el cual sirve para disolver los coágulos sanguíneos y existe también la información de que el cocimiento de los tallos tiernos de la guadua cura la epilepsia y se dice que el sílice que se recoge en la base de los internodios, es un contraveneno.

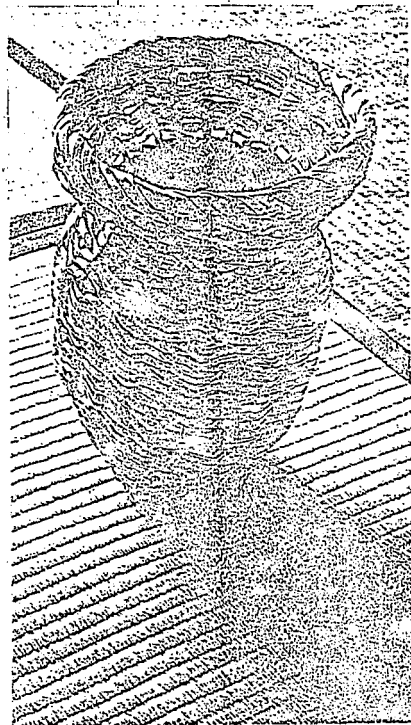
1.6.3.- EN MÉXICO

En nuestro país el empleo del bambú es muy limitado, pues solamente se usan las plantas como elementos decorativos en jardines exteriores y en macetones interiores. En el medio rural se emplea como refuerzo estructural de los muros de bajareque y en algunos lugares como elemento portante de la estructura de muros y techumbres.

Uno de los usos más generalizados del bambú en varios estados de la República, es la fabricación de cestos, algunas esterillas para manteles y pequeños adornos.

En Chiapas y en Veracruz, se utiliza el bambú como auxiliar en la industria tabacalera pues se usan las cañas enteras en la construcción de los tendedores para secar las hojas del tabaco

Es necesario difundir las cualidades que tiene el bambú para que se amplíe su uso en todos los campos que como



hemos mencionado con anterioridad se le da en otros países, principalmente en el Oriente.

1.7.- SU EXPLOTACIÓN

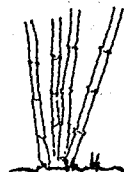
Como hemos visto, el bambú es un material que, dadas sus características, es posible aprovecharlo en un gran número de industrias, pero requiere de técnicas y conocimientos especiales que en México deben ser estudiados y difundidos con el fin de lograr el máximo aprovechamiento de esta planta.

En su aplicación dentro de la industria de la construcción, es necesario conocer cuáles son las formas de uso más apropiadas para los diferentes elementos de los sistemas constructivos a emplear. Estas formas las explicamos con más detalle a continuación:

1.7.1.- CORTE

Anualmente brotan nuevos tallos o troncos de bambú, que crecen en mata de los rizomas maduros o muertos, pero se dejan unos pocos para que los retoños tengan un apoyo adecuado. El corte se efectúa generalmente a mano, con hachas, machetes o sierras. En las plantaciones de bambú se utilizan en ocasiones sierras de cadena, pero el costo de la mano de obra hace que sean antieconómicas.

Se utilizan las mismas herramientas para cortar las ramas y trocear los tallos en tamaños normalizados. En la mayoría de los sistemas de recolección del bambú, se usa este método de corte por selección.



antes de cortar

no dejar lugar para insectos



después de cortar

Otro método que se acostumbra en ocasiones es la tala total. Con este método se cortan todos los tallos, jóvenes o antiguos. Este sistema permite el empleo más extenso de equipo mecanizado. Una vez cortados los tallos, solo quedan en el bosque los tocones.

La desventaja principal de este método es que solo permite el corte cada diez o doce años. Tal vez podría ser económico este método teniendo un mercado asegurado para todos los tallos que se cortan: jóvenes, antiguos y muertos. El rendimiento anual varía dependiendo de la especie. Los rendimientos anuales nacionales oscilan entre menos de una tonelada a siete toneladas de bambú secado al aire por hectárea.

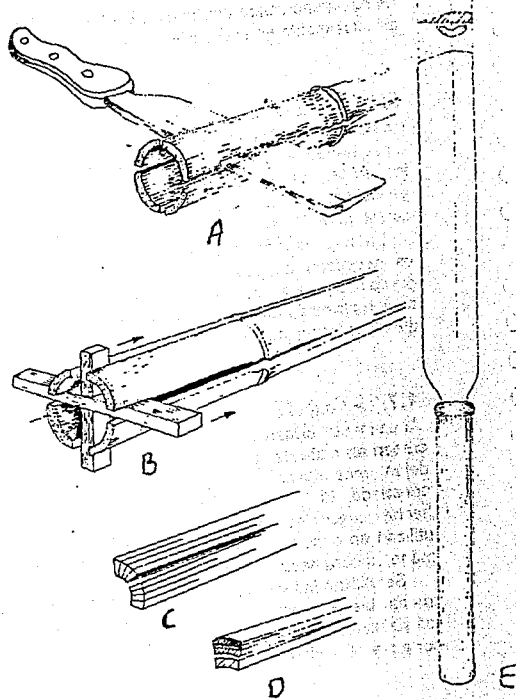
Se ha señalado que algunas especies rinden hasta 20 y 30 toneladas por hectárea. Pero se dispone de pocas estadísticas fidedignas para comparar los rendimientos anuales y costos del bambú de plantación y el silvestre.

Para reducir al mínimo los ataques de insectos se efectúa el corte cuando se halla a su nivel más bajo el contenido de almidón de los tallos. Esto suele suceder durante la primera parte de la temporada fría. En la India, el mejor período de corte es el comprendido entre octubre y febrero. En el Japón, se considera que este período es mejor en los meses de octubre a noviembre.

La vulnerabilidad a la micosis guarda también cierta relación con la época de corte, pero este aspecto no ha sido investigado suficientemente en la mayoría de las especies.

1.7.2.- FORMAS DE USO:

Se utilizan como componentes de construcción una gran variedad de bambúes: por ejemplo, en forma de tableros se

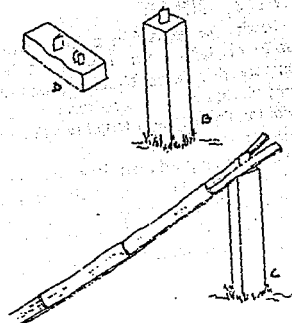


pueden usar para paredes, cubiertas y pisos. Los métodos para producir esas formas varían desde el empleo de sencillas herramientas de artesanía rural a las prensas horizontales de acción continua que se utilizan en países industrializados como Rusia y Japón.

1.7.2.1.- ENTERO

Con gran diferencia, la forma más utilizada es el tallo entero. Aunque no se necesita ningún equipo para ello, se aplican varios métodos con el fin de adaptarlo como componente de construcción. En primer lugar el tallo habitualmente se adelgaza hacia el extremo superior. Esto supone un inconveniente para la construcción en que han de acoplarse exactamente las piezas y la mejor manera de resolverlo es cortar el tallo en troncos más cortos. Puede trocearse con un cuchillo de mango largo, un machete, cizallas manuales o eléctricas.

Muchos tallos tienen forma curvada y esto también presenta dificultades para su empleo como componente de la construcción. Generalmente, la parte curvada no se utiliza en estructuras ni en la construcción de ensamble exacto. Los tallos curvados pueden enderezarse, pero el procedimiento no resulta económico en gran escala. Este proceso consiste en calentar parcialmente los tallos secos y colocarlos luego en estaquillas en forma de horquilla sobre el suelo o bien hacerlos pasar por agujeros abiertos en postes de madera en posición vertical.



- B) y C) Cua de acero para abrir los tallos en cuatro partes
D) Bloque con cuñas de acero, una aislada y dos pareadas, para colocar sobre un banco fuerte; las caras adyacentes de las cuñas pareadas deben estar ligeramente más próximas en el filo de corte que en la parte posterior (McClure)

1.7.2.2.- PARTIDO

La forma semicilíndrica se obtiene dividiendo longitudinalmente los tallos enteros. Con un cuchillo o un hacha se hacen dos incisiones, con una separación de 180° en la sección transversal del tallo. En las incisiones se colocan cuñas, las incisiones se acoplan a una barra de hierro o de madera dura y se impulsa el tallo en la dirección de la barra (fig.). Esto completa la división del tallo en dos mitades. El empleo más corriente de la forma semicilíndrica es en las techumbres, donde los tallos divididos se acoplan alternativamente en posición cóncava y convexa para permitir que resbale la lluvia.

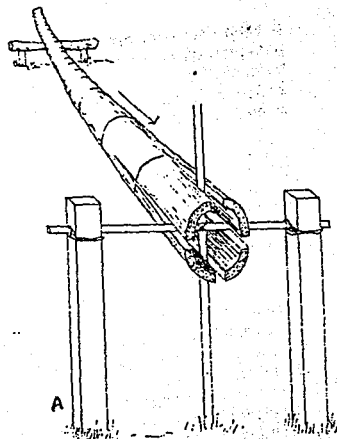
También se produce en forma de cuarto de cilindro en forma similar a la semicilíndrica salvo que se efectúan cuatro incisiones y para la división se utiliza una cruz en lugar de una barra.

1.7.2.3.- TIRAS

Se utiliza la expresión para cualquier forma menor que un cuarto de tallo. En general las tiras no se utilizan como componentes de construcción, sino que se entretejen o sirven como ligadura. Las tiras se hacen de cuartos de tallo dividiéndolas radial o longitudinalmente. Las tiras radiales se utilizan como tablillas.

Cuando se producen tiras longitudinalmente, la tira exterior dura es la que tiene más valor, mientras que la interior, más blanda, suele desecharse.

Los bambúes se cortan longitudinalmente con facilidad con un cuchillo de mango largo. (véase fig.).



DIVISION
TANGENCIAL



DIVISION
RADIAL

FALLA DE ORIGEN

1.7.2.4.- TABLEROS

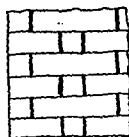
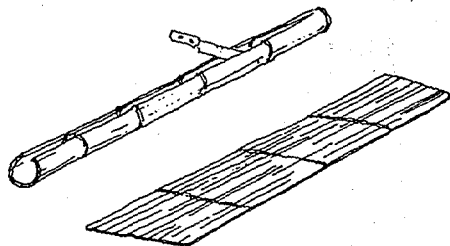
Los tableros de bambú se utilizan comúnmente para pisos, paredes e incluso para cubiertas. Un tablero consiste en un tallo que ha sido cortado y aplanado hasta dejarlo casi plano (véase fig.). El tallo entero se corta en cada nudo con un hacha. Luego, utilizando un filo engrasado, se efectúa una gran incisión y el tallo queda completamente abierto. La parte de la base del tallo, de paredes gruesas, no se utiliza para hacer tableros.

Una vez abierto el tallo, se quitan con un machete, una achuela o un escoplo, los diafragmas en los nudos. McClure describe la preparación del tablero de bambú en el Ecuador en la forma siguiente:

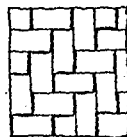
"El operario llamado picador sujeta con el pie el bambú en el suelo, en la posición debida, y golpea con la hoja de un hacha en cada nudo a intervalos de una pulgada aproximadamente alrededor del tallo. Las incisiones en los diferentes nudos son cortas y enteramente independientes, de manera que la pared del tallo se mantiene unida como tejido a pesar del gran número de incisiones practicadas (fig).

Cuando cada nudo del tallo ha quedado resquebrajado de ese modo, el picador realiza una incisión continua y única desde un extremo del tallo al otro. El tallo queda abierto y se le puede aplanar por presión.

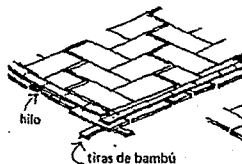
Los tableros hechos de esas manera se apilan alternando uno con la superficie interior hacia arriba con otro con la superficie exterior hacia arriba. La pila se asegura con piedras que con su peso evitan



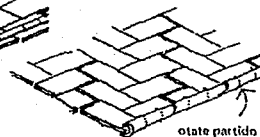
tejido abierto



tejido cerrado



tiras de bambú



oñate partido

que se comben, y los tableros se secan en forma plana".16/

1.7.2.5.- TRENZADO

Los trenzados de bambú se realizan entretejiendo tiras del material (véase fig.). Este trenzado se emplea para paneles o celosías, techos, suelos, puertas y ventanas, y a veces para muros. Usualmente se utiliza un trenzado de pliegue simple. Se producen trenzados en una gran variedad de formas y dibujos. Las tiras se entretejen generalmente a mano, aunque se han empleados pequeñas con cierto éxito. El bambú terciado consiste en trenzados de bambú encolados en forma muy parecida a la madera contrachapada.

Los tipos más corrientes de montaje son dos o tres capas, todas de bambú o bien con un alma de madera o de madera contrachapada. Las capas de bambú se encolan con resinas de presión caliente de *fenol-formaldehido*.

Cuando consisten en una sola capa de bambú se fabrican mediante presión a 30kg/cm². y 140°C de trenzados que contengan un 15% de resina *fenol-formaldehido*. Este bambú terciado ofrece una considerable resistencia a las termitas y a la intemperie (véase fig.).

1.7.3.- TRANSPORTE.

Después de cortados, los bambúes se arrastran hacia la senda más cercana, camino generalmente fangoso que serpea a través de la selva. Ahí se atan los tallos en gavillas con fibra de bambú, cuerda o alambre. Las gavillas de bambú se cargan

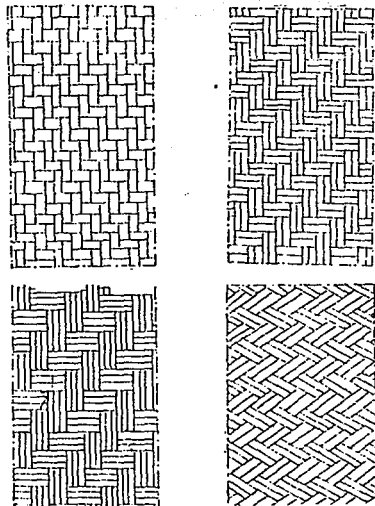


Figura 1.7.2.5. Diferentes diseños en el trenzado



Figura 2. Bambú transportado en una carreta de bueyes en Kerala, India

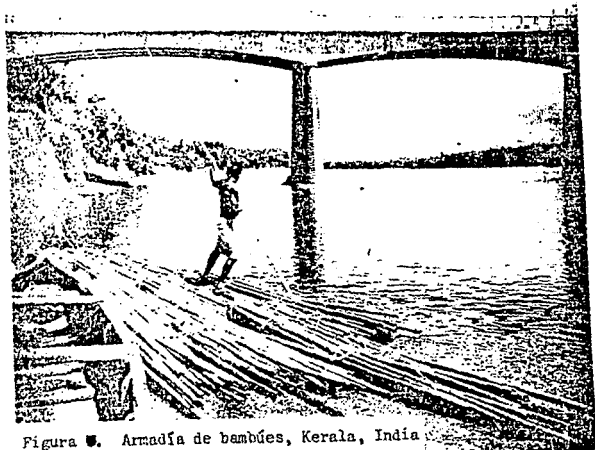


Figura 3. Armadía de bambúes, Kerala, India

en carretas tiradas por bueyes o asnos, o en camiones, que las llevan desde esa senda hasta el recinto de almacenamiento. (figura

Con frecuencia se lleva el bambú a una estación terminal ferroviaria o al muelle fluvial para su transporte a un mercado más distante. (figura

1.7.4.- ESTIBA Y ALMACENAMIENTO

En el recinto de almacenamiento habitualmente se procede a la desecación del bambú al aire, bajo cubierta, por un período de 6 a 12 semanas, para incrementar su resistencia y evitar el agrietamiento.

Con la desecación en estufa se puede realizar el mismo trabajo en dos o tres semanas, aunque existe el peligro de que se resquebrajen las membranas exteriores de varias especies si la desecación es demasiado rápida.

Se obtiene una protección eficaz contra el deterioro en el almacenamiento, si se resguarda el bambú contra la humedad de la lluvia o el contacto con el suelo. Son también importantes una buena ventilación y una inspección frecuente.

El almacenamiento del bambú exige un cuidado especial. Antes de preparar la superficie de almacenamiento, deberá procederse a un examen y limpieza completos, y deberán eliminarse todos los desechos de madera o de bambú inútiles.

Si el terreno está infestado de termitas, deberá de rociarse con una emulsión de DDT al 4% o una emulsión de BHC al 2% o de otro insecticida apropiado. Las colonias de termitas deberán

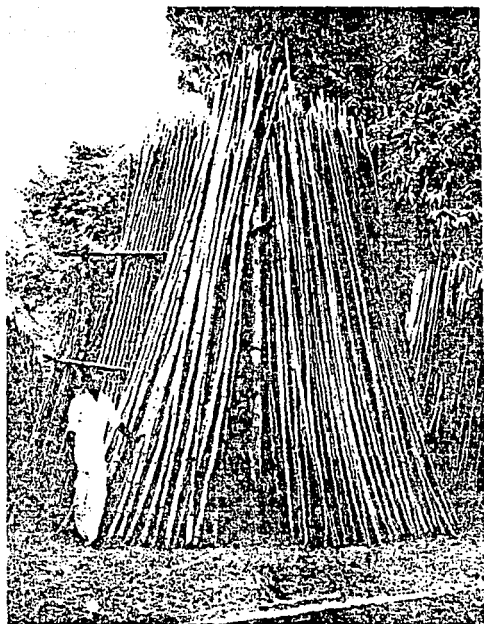


Figura 1. Recinto de almacenamiento de bambú

destruirse abriendo los termiteros e introduciendo en ellos insecticida. El terreno deberá tener un buen drenaje. El bambú deberá apilarse sobre calzas altas o plataformas elevadas por lo menos 30 centímetros sobre el suelo, para impedir el ataque de las termitas.

El almacenamiento bajo cubierta reducirá las probabilidades de ataque por hongos. El bambú deberá almacenarse de manera que todos los lados del material guardado puedan inspeccionarse con facilidad. (fig.) El bambú atacado deberá eliminarse o someterse a tratamiento. 177

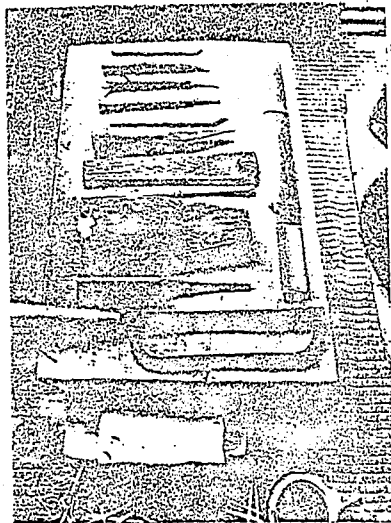
1.7.5.- HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ

Es muy conocido el mellado que el bambú produce en los filos de las herramientas. Esto se debe al sílice del que, en mayor o menor medida, están fuertemente impregnados sus tejidos.

Si las herramientas para trabajar el bambú son de acero al molibdeno o de otra aleación de igual dureza, se mantendrá alto el nivel y la eficacia de las herramientas de filo y se reducirá grandemente el tiempo empleado en afilarlas.

Las herramientas indispensables para la construcción con bambú son pocas y sencillas. en realidad, se han construido muchas casas de bambú sin más herramienta que un machete.

Pero para perfeccionar o refinar la utilización del bambú en cualquier medida, se necesitarán otras herramientas. Algunas de ellas habrán de seguir para un trabajo concreto en las transformaciones del bambú y por ese motivo tal vez no se encuentren en las fuentes de abastecimiento de herramientas normales de carpintería.



FALLA DE ORIGEN

El artesano chino que confecciona cubos y artesas utilizando el bambú como materia prima necesita una colección de unas 30 herramientas y aparatos diferentes, que usa en una u otra fase para medir, cortar, ajustar y montar las diversas piezas.

Con las herramientas que se numeran a continuación se pueden elaborar y montar los elementos necesarios de bambú utilizados en la construcción: Agujas para cañas; Alicates para alambre; Achuelas; Barrenas; Cuchillos; Destornilladores; Escofinas; Formones; Gubias; Guías para escindir tallos; Hachas (de distintos tamaños); Machetes; Martillos; Piedras de afilar; Serruchos; Sierras de bastidor; Taladros, Tripies o Bastidores; Varillas de acero.

1.8.- BAMBÚ-CEMENTO, SU PRODUCCIÓN, LIMITACIONES Y UTILIZACIÓN.

La mayoría de las viviendas campesinas carecen de sanitarios o letrinas, tanques sépticos, lavaderos apropiados, y tinacos para el almacenamiento de agua.

La razón de esto es que el campesino de pocos recursos no dispone de los medios para conseguir o adquirir estos elementos prefabricados, debido a su alto costo y a las dificultades que tiene la transportación desde las ciudades hasta los lugares a veces muy apartados.

Con el propósito de contribuir al mejoramiento de la vivienda rural en este aspecto, en Colombia han desarrollado una sencilla técnica que permite al campesino construir a costo muy bajo, estos elementos que son tan indispensables en su vivienda, empleando para ello canastos tejidos con cintas de bambú, con la forma y dimensiones apropiadas para un tinaco,



un sanitario, etc., que posteriormente e recubren por el interior y el exterior con mortero de cemento.

A esta técnica de construcción le denominaron "bambú-cemento", por ser una adaptación del "ferrocemento" al bambú, reemplazando las mallas de alambre que éste utiliza por mallas tejidas con cintas de bambú.

Los primeros ensayos con bambú-cemento se realizaron a mediados de 1976 en el Centro Nacional de Investigaciones del Café y posteriormente en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira en Colombia.

"1.8.1.- HISTORIA DEL FERRO-CEMENTO

En 1847, el francés José Luis Lambot construyó el primer bote hecho con mortero de cemento, reforzado interiormente con una malla de alambre que él mismo elaboró ya que en aquella época no se producía industrialmente. Debido al tiempo y el trabajo que se requería para entretejer la infinidad de alambres, se optó en experimentos posteriores reemplazar la malla por varillas metálicas de mayor separación. Fue así como nació el concreto reforzado, uno de los elementos más utilizados hoy en la construcción de edificios y otro tipo de estructuras.

La idea a Lambot permaneció en el olvido casi por espacio de 100 años, hasta que en 1943 el ingeniero italiano Pierre Luigi Nervi la experimentó de nuevo usando técnicas y materiales modernos que le permitieron obtener un nuevo material al que



Figura Bote construido por Lambot en 1847. En la actualidad se encuentra en el Museo de Brignoles, Francia

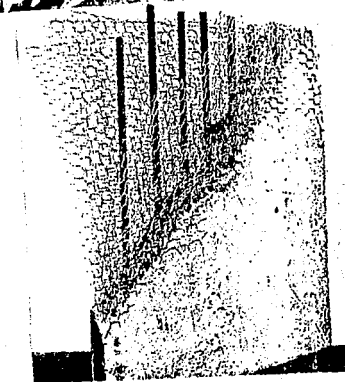
le dio el nombre de "ferro-cemento" que, a diferencia del concreto, presentaba todas las características de un material homogéneo capaz de resistir grandes impactos y deformaciones sin sufrir agrietamientos.

Poco después de la Segunda Guerra Mundial, Nervi demostró las ventajas de este material al construir la motonave "Irene", de 165 toneladas, con casco de ferrocemento de 3.5 centímetros de espesor, que no solamente resultó 5 % menos pesado que los construidos con maderas convencionales, sino con un costo 40 % menor. Después de muchos años de servicio en el Mediterráneo, su casco continúa aún en perfectas condiciones, sin que haya requerido mantenimiento.

En la actualidad varios países, entre ellos Nueva Zelanda, Inglaterra, Canadá, Estados Unidos y la República Popular de China, están utilizando esta tecnología en la construcción de barcos pesqueros, silos y de grandes tanques para almacenamiento de agua. 187

Por las extraordinarias cualidades físicas y mecánicas de este material, así como por las ventajas que su empleo podría tener en la construcción de diversos tipos de instalaciones rurales; es que se ha tratado de adaptar esta tecnología al nivel de las necesidades del campesino, aprovechando su habilidad casi innata para elaborar canastas y otros elementos tejidos con fibras vegetales,

Con este propósito, se ha experimentado con magníficos resultados la sustitución de las mallas de alambre, que utilizan en el ferrocemento, por mallas de bambú, técnica a la que se le



ha denominado "bambú-cemento" y que se ha aplicado en la construcción de tanques de fermentación del café, losas prefabricadas para mesas de cocina y de tanques para almacenamiento de agua cuya fabricación se explica a continuación.

1.8.1.1.- HISTORIA DEL CONCRETO REFORZADO CON BAMBÚ

No es nueva la idea de utilizar como refuerzo en el concreto las cañas de bambú o tiras obtenidas de dividir radial y longitudinalmente los tallos gigantes.

Los primeros experimentos en este campo fueron realizados en 1914 por H. K. Chou en el Massachusetts Institute of Technology, de Estados Unidos y posteriormente aplicados en China en 1918, entre otros propósitos, en su empleo en la cimentación de puentes de ferrocarril en las que se usaron pilotes de fricción hechos de concreto reforzado con bambú con el objeto de facilitar su transporte y colocación.

Desde entonces se han realizado varias investigaciones sobre este particular en China, India, Japón, Filipinas, EE UU, Brasil, Venezuela, Colombia y México y aún en países donde no hay especies nativas como en Alemania, Italia y Egipto. La más sobresaliente de estas investigaciones fue la realizada por H. E. Glenn, en 1944, en el Clemson Agricultural College of South Carolina, E. U. A., quien construyó como parte de su investigación, las

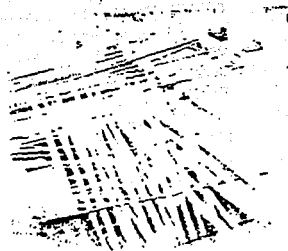
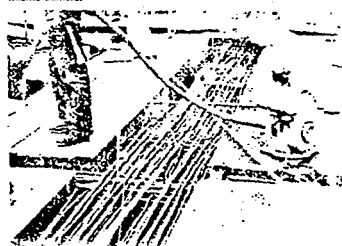


Figura . . . Refuerzo de vigas de concreto con tabillas de bambú, utilizado por Glenn en la construcción experimental del Press Box Building en el estado de Clemson Agricultural College, Carolina del Sur, Estados Unidos

Figura . . . Refuerzo de vigas de concreto con cañas de bambú, utilizadas por Glenn en la construcción del mismo edificio.



primeras estructuras de concreto reforzadas con bambú, con resultados muy poco alentadores.

La mayor aplicación que hasta ahora se le ha dado al concreto reforzado con bambú tuvo lugar durante la 2a. Guerra Mundial en las Islas del Pacífico, donde fue utilizado en la construcción de instalaciones militares, tanto por las fuerzas armadas del Japón como de los E. U. Posteriormente, este último país lo utilizó con los mismos propósitos durante la guerra de Vietnam, donde se intentó una estructura abovedada en concreto reforzado con bambú, con resultados catastróficos, como puede verse en las fotografías anexas.

Tanto en la práctica como en todas las investigaciones que hasta ahora se han realizado, se ha llegado a concluir, aunque muchos investigadores no se atreven a expresarlo, que el empleo de las cañas y las tiras de bambú como refuerzo en el concreto es inoperante debido a la poca adherencia como ya se mencionó, y a las limitaciones en el área de refuerzo.

Así como también a su bajo módulo de elasticidad, por lo que su empleo en esta forma no se recomienda en la construcción de estructuras o elementos estructurales de viviendas. La poca confianza que se ha tenido hasta ahora en el concreto reforzado con bambú, se demuestra en el poco uso que se le ha dado.^{19/}

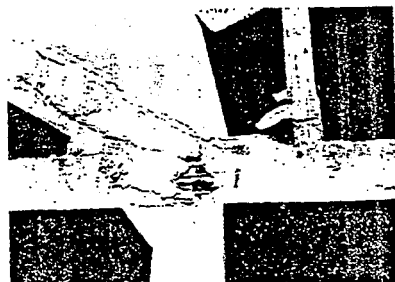


Figura Estructura abovedada reforzada con bambú construida en Vietnam con fines experimentales.

Figura Derrumbamiento parcial de la estructura



1.8.1.2.- CONCRETO REFORZADO CON BAMBÚ

En épocas y lugares de escasez de acero, se ha considerado la conveniencia de usar el bambú para reforzar al concreto. Posee ciertas ventajas evidentes, como su elevada resistencia a la tracción, su alta relación resistencia/peso, su abundancia y su bajo costo. Se ha utilizado para reforzar al concreto en Japón, China y Filipinas.

Las investigaciones realizadas en varios países han puesto de manifiesto que el refuerzo de bambú en el concreto incrementa la carga límite de rotura del elemento en forma considerable en comparación con lo previsible respecto a ese mismo elemento sin reforzar. No obstante, existen varias limitaciones prácticas en el empleo del bambú como refuerzo del concreto.

El concreto reforzado ha sido uno de los materiales de construcción que hasta hace poco no había podido estar al alcance de nuestros campesinos debido al alto costo del acero de refuerzo y a las dificultades que conlleva su transporte a zonas rurales apartadas a donde sólo se llega a través de senderos no transitables durante todo el año, con carretas, a lomo de mula o en canoas y algunas veces con camiones para caminos difíciles, y también a que la preparación de los armados de refuerzo que presentan dificultad en

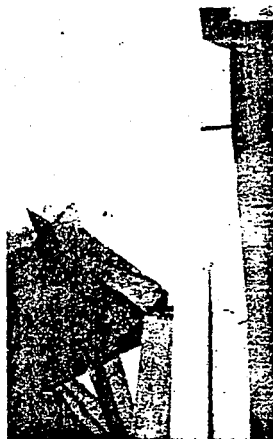


Figura . . . Rotura de las columnas por la base de la viga superior.

el corte, doblado y amarre de las varillas, requieren de cierta tecnología que por lo general es desconocida por los campesinos.

Por lo anterior nació la idea de investigar diversos materiales vegetales nativos, de gran resistencia a la tensión, de bajo costo y disponibilidad, que pudieran ser utilizados por el campesino como refuerzo en el concreto, dentro de ciertos límites de seguridad, en la construcción de pequeñas estructuras e instalaciones de uso rural monolíticas o prefabricadas.

Uno de los vegetales que posee excepcionales características físicas y es un material de posible disponibilidad en muchas zonas rurales del país, es el bambú.

Este es el único material vegetal que hasta ahora ha sido experimentado como refuerzo en el concreto en varios países de Asia, Europa y América, con resultados poco satisfactorios, debido a que tanto las cañas delgadas, como las tiras o tabilllas, que son las formas que hasta ahora se han utilizado al emplear al bambú como refuerzo, aumentan de volumen con la humedad al quedar embebidas dentro del concreto y posteriormente se contraen al secarse con lo cual no sólo produce el agrietamiento en la superficie del concreto sino la pérdida casi total de la adherencia entre los dos materiales, lo que puede tener gravísimas consecuencias en una estructura por pequeña que ésta sea. Debido a esta circunstancia, el empleo del



Figura . Detalle en el cual se nota la falta de adherencia entre el bambú y el concreto.

bambú como refuerzo del concreto no ha tenido éxito y a ello se debe su poca aplicación.^{20/}

En la búsqueda de una solución a este problema, en esta tesis proponemos una nueva técnica experimentada en Colombia para utilizar el bambú como refuerzo en el concreto y con la que han logrado superar en su mayor parte las dificultades que hasta ahora habían limitado su empleo en este campo y que se dan a conocer a continuación:

"Esta nueva técnica consiste en usar como refuerzo cables delgados hechos por torsión de varias cintas de bambú, tomadas de la zona de mayor resistencia del tallo, siguiendo la misma tecnología empleada por los chinos en la elaboración de cuerdas de bambú de gran diámetro que ellos han empleado en la construcción de grandes puentes colgantes.

En estos experimentos se utilizó el bambú de la especie gigante más sobresaliente en Colombia, la *Bambusa guadua*, sin embargo, es aplicable a otras especies de menor diámetro que se desarrollan en regiones más altas de las cordilleras latinoamericanas, algunas de las cuales es posible que tengan mayor resistencia a la tensión que la de los bambúes gigantes, lo que hasta ahora no ha sido plenamente comprobado, pues solamente se han hecho experimentos aislados en Brasil, Venezuela, Colombia y México.

Los trabajos experimentales en esta esfera pueden resumirse en la forma siguiente: los elementos de concreto que trabajan a flexión, al



Figura 1. Corredora mecánica para cortar la *guadua* en tablitas o latas de un mismo ancho. Fue fabricada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira.

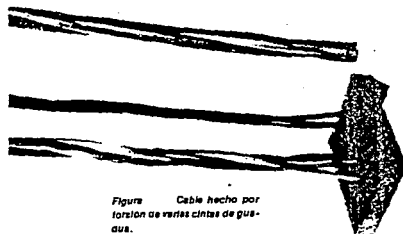


Figura. Cable hecho por torsión de varias cintas de *guadua*.

estar armados con bambú muestran resquebrajamiento que exceden con mucho a los previstos con un elemento no reforzado de las mismas dimensiones.

El refuerzo de bambú aumenta la capacidad de carga en cuatro o cinco veces, con un porcentaje óptimo de refuerzo del 3 al 4% de la sección transversal.

Por encima de este valor óptimo de refuerzo no hay aumento en la capacidad de carga (véase la fig). La carga unitaria de ruptura del refuerzo longitudinal de bambú en los elementos de concreto va decreciendo a medida que aumentan los porcentajes de refuerzo.

La carga máxima unitaria a la tensión de una viga reforzada con bambú depende de la cantidad de bambú y no le afectan los cambios en el área de sección transversal de una viga en una determinada relación anchura/profundidad.

Los elementos con un porcentaje óptimo de refuerzo de bambú pueden producir un esfuerzo de tensión en el bambú de 570 a 700 kg./cm².

Al aumentar la resistencia del concreto aumentan las capacidades de carga de los elementos de concreto reforzados con bambú.

La capacidad límite de sustentación de carga aumenta al utilizar el refuerzo de tensión diagonal, especialmente cuando el coeficiente vertical de rigidez es elevado.

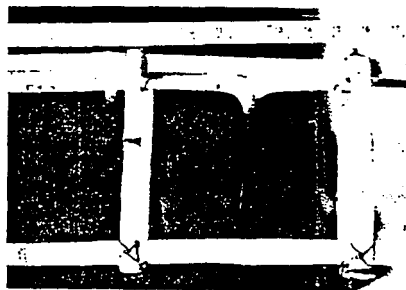


Figure 14. Armadura con refuerzo de tablitas colocadas horizontalmente.

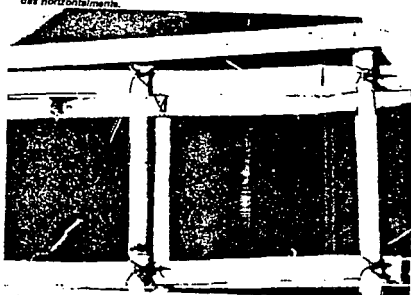


Figure 15. Armadura con refuerzo de tablitas colocadas verticalmente.

Sin embargo, no siempre resulta posible dotar a las vigas de refuerzos de tensión diagonal en magnitud suficiente.

La capacidad podría incrementarse aún más curvando hacia arriba las hileras superiores de las tiras de bambú a partir de la parte baja del elemento.

El bambú partido desarrolló una mayor capacidad de carga que los tallos enteros. Los métodos adoptados para aumentar la resistencia de adherencia entre el bambú y el concreto (que constituye uno de los inconvenientes principales para usar el bambú como material de refuerzo) han contribuido considerablemente a conseguir la capacidad máxima de carga.

Otros factores cuya influencia en la resistencia se ha observado son los efectos del secado, el tamaño de las tiras de bambú y el cuidado que se pone en colocar y anclar los refuerzos.

Los datos experimentales incluidos en los párrafos anteriores se basan en gran parte en el trabajo de H. E. Gleen (Bamboo reinforcement of Portland Cement Concrete Structures), Clemson College, Engineering Experiment Section, Bulletin 4 (Clemson, Carolina del Sur, 1950).

El diseño de una sección en T no significó ninguna ventaja sobre las secciones rectangulares, cuando la anchura del vástago de la sección en T era igual a la de la sección rectangular y la profundidad efectiva de ambas era la misma.

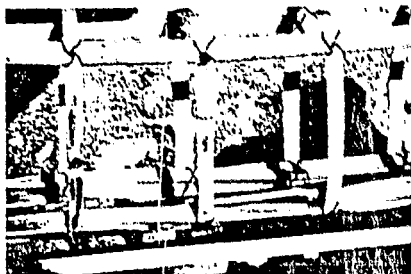


Figura 1. Anemure reforzadas con cables.

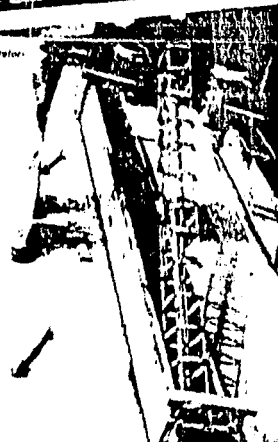


Figura 2. Colocación de la armadura dentro de la forma.

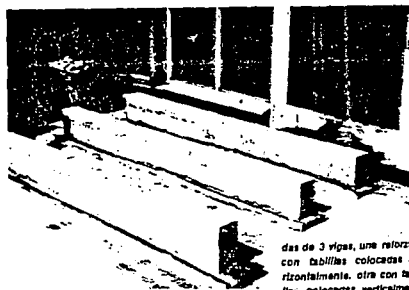
Antes de producirse la ruptura final aparecieron una fuerte flexión y grietas anchas en el concreto reforzado con bambú.

La flexión de las vigas que fueron ensayadas siguió una relación en línea casi recta hasta que apareció el primer resquebrajamiento en el concreto. Hubo un aplanamiento en la curva de flexión, lo que se debió probablemente a un deslizamiento de la ligadura local después de la primera fisura. Luego se mantuvo en línea casi recta hasta la ruptura.

Al utilizar tallos enteros de bambú con un diámetro de hasta 3.7cm. se observó que con piezas integrantes de fijación transversal no había deslizamiento de bambú y que la curva de flexión de carga conservó su forma lineal hasta la ruptura (véase la fig.). También se redujo la flexión total.

La capacidad de carga fue más elevada con piezas de fijación tanto integrantes como mecánicas; las primeras resultaron más eficaces. No es probable, sin embargo, que el método tenga mucha aplicación a causa de las dificultades para estabilizar y proteger el bambú y también debido a la mano de obra que se necesita para preparar las piezas de fijación.

Estos resultados indican que la carga máxima que soportará un elemento de concreto reforzado con bambú depende de la resistencia a la tensión del bambú, de la resistencia a la compresión del concreto y, lo que es más importante, de la cohesión entre el concreto y el refuerzo longitudinal del bambú.



das de 3 vigas, una reforzada con tablillas colocadas horizontalmente, otra con tablillas colocadas verticalmente, y la tercera reforzada con cables.



Figura 2. Viga de concreto listo para ser ensayada a flexión.

1.8.1.3.- RESISTENCIA A LA TENSION

La resistencia límite a la ruptura por tensión de algunas especies de bambú en tensión directa es aproximadamente la misma que la del acero suave en su límite de fluencia. Por término medio oscila entre 1400 kg/cm² y 2800 kg/cm². Fue este elevado valor lo que atrajo la atención de los investigadores para la utilización del bambú como refuerzo del concreto.

Pero como se ha indicado ya, los resultados de sus investigaciones mostraron que en la práctica no resultaba posible aprovechar toda la resistencia a la tensión del bambú cuando éste está dentro del concreto como refuerzo.

La escasa resistencia de adherencia entre el bambú y el concreto y el bajo módulo de elasticidad del bambú son los dos factores principales que impiden un aprovechamiento eficaz de la elevada resistencia a la tensión del bambú como refuerzo de la tenacidad en los elementos de concreto.

El módulo de elasticidad del bambú es ligeramente más alto en tensión directa que en la flexión y compresión. Este valor oscila entre 1.5 x 10⁵ kg/cm² y 2 x 10⁵ Kg/cm², que es casi el mismo que en el concreto con proporción de cemento de 1:2:4.

Esto sugiere que el bambú como refuerzo del concreto no contribuye en nada a reducir la flexión ni a impedir los resquebrajamientos con cargas que se aproximan a la cifra límite de ruptura de un

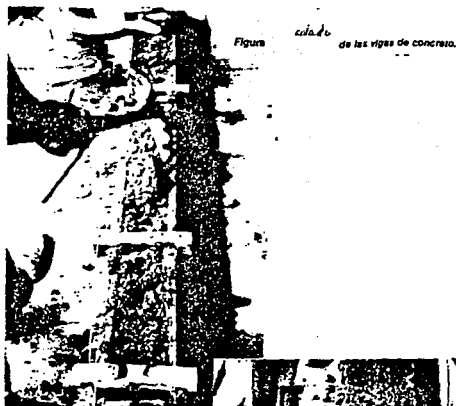


Figura 1.8.1.3.1. Estado de las vigas de concreto.

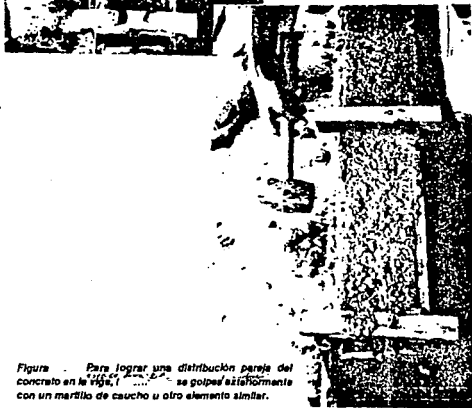


Figura 1.8.1.3.2. Para lograr una distribución pareja del concreto en la viga se golpea vigorosamente con un martillo de caucho u otro elemento similar.

elemento sin refuerzo de bambú, que es sólo aproximadamente una vigésima parte que la del acero suave.

Este bajo valor de elasticidad disminuye correlativamente el valor de la relación modular (m) del concreto y el bambú, de manera que ese refuerzo de bambú no contribuye a aumentar el momento de inercia (I) de una sección reforzada con bambú en relación con otra sección no reforzada.

Esto significa que el refuerzo de bambú, a diferencia del acero, no contribuirá a reducir la flexión cuando se le usa como refuerzo. Por consiguiente la relación claro/profundidad deberá ser aquélla en que la sección total puede resistir la flexión.

Los motivos de los resquebrajamientos en el elemento antes de la ruptura final son las flexiones grandes, el deslizamiento de la adherencia, la contracción y la dilatación del bambú y también la diferente expansión térmica entre el bambú y el concreto.

De todo ello podría deducirse la conclusión de que habrá que desarrollar métodos eficaces para superar las limitaciones del bambú como material de refuerzo.



Figura 1. Falla de la viga. La mayor resistencia se logra en vigas reforzadas con cables.



Figura 2. Las postes de concreto para cercas, reforzados con cables de bambú, pueden fabricarse ya sea con canales transversales o con perforaciones para fijar el alambre.

1.8.1.4.-RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La capacidad de carga de las vigas reforzadas con bambú, crece al aumentar la resistencia del concreto de una sección dada. El promedio de la resistencia a la ruptura por compresión directa del bambú varía de 400 a 700 Kg /cm². El valor correspondiente del concreto 1:2:4 es de 158kg/cm².

El efecto del bambú como refuerzo a la compresión no parece haberse estudiado. El empleo del bambú en elementos de concreto doblemente reforzados podría dar como resultado un aumento de la capacidad de carga.

1.8.1.5.- REFUERZO A LA TENSIÓN DIAGONAL

Se han realizado estudios sobre el efecto en la tensión diagonal del empleo de bastones de bambú espaciados verticalmente y también de la curvatura de las filas superiores del refuerzo longitudinal. Los dos métodos aumentaron la capacidad de carga y la combinación de ambos dio aún mejores resultados.

Pero incluso después de usar este tipo de refuerzo diagonal se producía la ruptura final debido a impulsos de tensión diagonal. Habrá que desarrollar modos más eficaces de reforzar esta zona del elemento. Probablemente pueda conseguirse usando estribos de acero.



Figura 1. Doblado diagonal de los extremos del alambre.

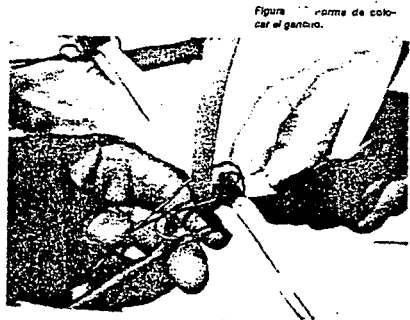


Figura 2. Forma de colocar el gancho.

El bambú se puede utilizar de modo más eficiente en losas que en vigas porque la ruptura por el esfuerzo cortante no se produce generalmente en las losas.

1.8.1.6.- ADHERENCIA.

Una desventaja importante del bambú como refuerzo es su tendencia, si está ya seco, a absorber una gran cantidad del agua contenida en el concreto húmedo, lo que tiene como consecuencia la dilatación inicial y la contracción posterior a medida que se seca el concreto. Este fenómeno provoca la formación de grietas longitudinales en el concreto, lo que reduce la capacidad de carga de los elementos y la formación de una adherencia deficiente entre el concreto y el refuerzo.

El resquebrajamiento es mayor cuando es elevado el porcentaje de refuerzo del bambú. El bambú verde usado como refuerzo también se contrae al secarse el concreto y la resistencia de adherencia es escasa.

Una medida correcta adoptada para resolver la elevada absorción de agua y la dilatación consiguiente del bambú embutido en el concreto, es la aplicación de un tratamiento hidrófugo. Las tiras de bambú seco tratadas a cepillo con una capa de emulsión de asfalto o alquitrán de hulla, tienen más resistencia de cohesión que el bambú seco no tratado o que no ha sido sometido a secado.

El concreto reforzado con bambú tratado, no obstante el exceso de asfalto en la superficie de las



Figura 1.8.1.6.- Torsión del alambre con el gancho.



tablillas de bambú es perjudicial: reduce la adherencia entre el concreto y el bambú. La adherencia deficiente del bambú al concreto podría superarse recubriendo las tiras de bambú seco al aire con un barniz que contenga albayalde.

Tres capas de una solución colofonial 40% en alcohol y una capa posterior de albayalde impidió asimismo la absorción de agua, pero se registraron alteraciones en las capas de recubrimiento cuando se estaban colocando las varillas de refuerzo y también se produjeron grietas en el concreto.

Podría usarse con el mismo fin una mezcla de betún 80/100 y queroseno en la proporción 4:1. También se consideró de resultados satisfactorios la inmersión del bambú en una mezcla de 50:50 de aceite de linaza y trementina durante cuatro días.

Se ha comprobado que la resistencia de cohesión entre el bambú no tratado y el concreto oscila de 0 a 13 Kg/cm². Podría obtenerse un aumento de un 50% aproximadamente en la resistencia de cohesión tratando el bambú con una emulsión de alquitrán de hulla y asfalto.

Los valores del esfuerzo de adherencia oscilan entre 4 y 24 Kg /cm² en el bambú tratado. Las muestras de bambú con nudos desarrollaron un esfuerzo de adherencia más elevado que las muestras sin nudos a causa de la superficie irregular de los primeros. 21/

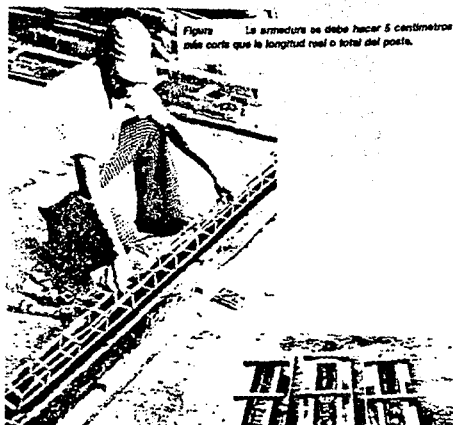


Figura. La armadura se debe hacer 5 centímetros más corta que la longitud real o total del poste.

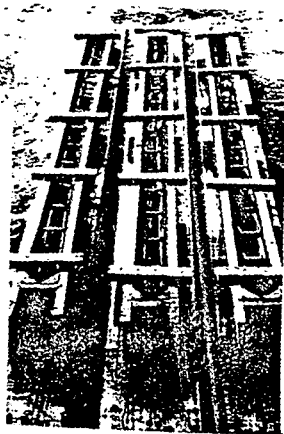


Figura. Se obtiene un mejor rendimiento en la fabricación de postes si se utilizan varillas al mismo tiempo.

72
70

REALTAP DE INDRIDEN

1.8.2.- LIMITACIONES EN EL USO DE TIRAS Y CAÑAS DE BAMBÚ COMO REFUERZO EN EL CONCRETO .

Hasta ahora se ha usado al bambú como refuerzo del concreto en dos formas, la más recomendable de éstas ha sido el empleo de tiras, debido a que éstas desarrollan mayor adherencia en el concreto que las cañas o bambúes completos que tienen una superficie lisa y cerosa.

"En los experimentos que se han realizado en Colombia con secciones el tallo y con tiras de Guadua que se han dejado sumergidas en agua por espacio de 8 días, se ha observado que el diámetro de las secciones aumenta en un 2.5% en las primeras 24 horas y en un 5% al cabo de 8 días.

En las tiras, el espesor de su pared, aumenta en un 8 % en 24 horas y en un 15% en 8 días. Estos cambios de volumen se presentan en forma similar en todos los bambúes experimentados siendo menores cuanto mayor es su edad.

Como era de esperarse, la mayor parte de los investigadores centraron sus experimentos en busca de una solución a este problema, coincidiendo, como es lógico, en que el bambú debe recubrirse con una substancia impermeable con el fin de evitar que éste absorba el agua de la mezcla de concreto. Muchos de estos investigadores en su afán de dar una solución al problema, olvidaron que el usuario principal de estos materiales, es el campesino de pocos recursos económicos y recomiendan tratamientos tan sofisticados y costosos, que en la

Figura 1.- Al vaciar el concreto dentro de la formaleta, éste debe "chuzarse" con el fin de que el concreto cubra completamente el refuerzo y para que no queden "hornigueros" o zonas sin fundir.



Figura 2.- Las perforaciones de los postes se hacen dejando varillas de acero o de bambú de 1/4 de pulgada, empapadas con aceite quemado, que luego se sacan 8 a 10 horas de hundidos los postes.



mayoría de los casos resulta mucho más económico el empleo del refuerzo de acero que el de bambú.²²⁷

A continuación se muestran algunos de los tratamientos que se recomiendan tanto para impermeabilizar el refuerzo como para aumentar su adherencia en el concreto:

A) Glenn (1944). Recomienda recubrir las tabillas de refuerzo con una capa muy delgada de emulsión asfáltica como impermeabilizante. Este tratamiento tiene el peligro de que el campesino aplique una mayor cantidad de emulsión, obteniéndose un efecto contrario, o sea que el refuerzo queda lubricado y pierde totalmente su adherencia. En igual forma, otros investigadores han recomendado el uso de pinturas o barnices, que además de costosos corren el mismo peligro en su aplicación.

B) Pama *et al* (1976). Recomienda un tratamiento por inmersión del refuerzo de bambú en una solución al 2% de cloruro de Zinc, o el recubrimiento del mismo con un adhesivo de Neoprene sobre el cual se rocía arena gruesa con el fin de lograr mayor adherencia. Este tipo de adhesivo no se consigue fácilmente en el mercado y su costo es muy elevado.

C) Kowalski, (1974). Recomienda usar como refuerzo principal medios tallos, o sea dividiéndolos longitudinalmente en dos partes, los cuales deben secarse previamente hasta un contenido de humedad del 20%, después de lo cual sus extremos, en una longitud de 25 centímetros, se impregnan con un adhesivo, ya sea una resina poliésterica o



Figura 5.- Las formeleas pueden quitarse dos días después de hundidos los postes. Estos deben humedecerse dos veces al día durante una semana para lograr un buen curado. Los postes sólo pueden utilizarse 4 semanas después de hundidos.

epóxica, sobre la que se rocía arena fina o polvo fino de sílice para lograr mayor adherencia.

Posteriormente, la parte restante se sumerge por espacio de cuatro días en una mezcla 1:1 de aceite de linaza y trementina, teniendo el cuidado de no sumergir los extremos ya tratados.

Al igual que Kowalski, otros investigadores, entre ellos Geymayer y Cox, recomiendan el recubrimiento completo del refuerzo de bambú con resinas epóxicas o poliestéricas cuyo costo es tan elevado que un campesino de nuestro país, con el jornal que devenga en una semana, no alcanza a adquirir la resina suficiente para cubrir un solo bambú de 2.5 cm de diámetro por 3 m de largo, el cual es insuficiente para reemplazar una varilla de acero de 1/4 de pulgada de diámetro utilizada como refuerzo.

D.- Fang, et al, (1976). Recomienda un tratamiento de azufre-arena para recubrir cañas de bambú que se utilicen como refuerzo. El proceso seguido en sus experimentos es el siguiente: Se perforan parcialmente los tabiques de los nudos, luego se remueve la cutícula o parte brillante del bambú son un chorro de arena a presión, después de lo cual se envuelve con alambre con el fin de evitar el aumento de volumen.

Finalmente se sumerge en azufre derretido a una temperatura de 120° F (49° C). además de que no se hicieron estudios para determinar si el azufre puede afectar posteriormente la resistencia del bambú, este proceso difícilmente puede ser aplicado

sultados de estos ensayos fueron los siguientes:

a. El valor máximo de esfuerzo cortante obtenido fue de 144 kgrs./cm², el mínimo de 45 kgrs./cm², y el promedio de 93 kgrs./cm²

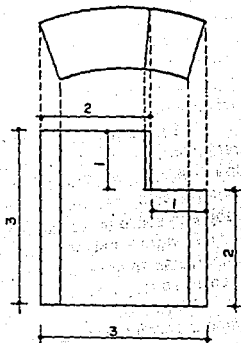


Figura ... Muestra para ensayos de esfuerzo cortante del bambú.

por un campesino debido al alto costo del azufre y de los elementos que se requieren para su aplicación.^{23/}

1.8.3.- LÍMITES EN ÁREAS DE REFUERZO

En muchos casos, el bambú puede alcanzar una resistencia a la tensión mayor que la del acero y por ello se cree que es posible reemplazar una determinada área de refuerzo con acero por otra igual de bambú, lo que no es cierto.

"Una de las conclusiones a las que llegó Datta (1935) en sus experimentos dice que cuando se use bambú (ya sea cañas, tiras o tablillas) en la zona de tensión de una viga de concreto, el área de la sección transversal del bambú, debido a su bajo módulo de elasticidad a la tensión, debe ser por lo menos 12 veces mayor que el área de la sección transversal del acero.

"Glenn (1944) por otra parte, dice que la capacidad de carga de una viga de concreto reforzada con bambú se incrementa con el aumento del porcentaje de refuerzo hasta un valor óptimo, el cual se logra cuando el área transversal del refuerzo longitudinal el bambú es del 3 al 4% del área de la sección transversal de la viga de concreto.

Basados en lo anterior, si quisiéramos substituir por el bambú el refuerzo inferior de un dintel de concreto de 12cm de ancho por 20 cm de altura, consistente en 2 varillas de acero de 3/8 de pulgadas de diámetro, o sea con un área total de refuerzo de 1.42cm. o 2cm. que es una de las

Muestras	Incrementos	
	En 24 horas	En una semana
CILINDROS		
Diámetro externo	2.5%	5 %
Espesor de la pared	5 %	13 %
Longitud	-	-
TABILLAS		
Espesor de la pared	8.7%	15 %
Zona blanda (separada)	9.5%	17 %
CINTAS (zona externa)		
Espesor	3.5%	3.5%
Ancho	3 %	3 %

De los datos anteriores se deduce que los mayores cambios dimensionales se presentan en la zona blanda de la pared, y los menores en la zona externa o de mayor resistencia, de donde se obtienen las cintas.

Se observó que los cambios de volumen fueron mayores en los bambúes jóvenes que en los de mayor edad; y que el aumento de volumen es mayor en la zona del entrenado que en los nudos.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A FLEXION DE LAS VIGAS

formas más simples de refuerzo, según Datta se requeriría un área de bambú equivalente a 12 veces la del acero o sean de 17.04 cm cuadrados.

Pero, según Glenn (1944), esta área no debe sobrepasar el 4% del área de la sección transversal de la viga, la cual sería en este caso (12 x 20 x 0.04) de 9.60 cm cuadrados, lo que quiere decir que habría un exceso en el área de refuerzo de 7.44 cm cuadrados.

Por otra parte, para cubrir el área de 17.04 cm cuadrados que ser requiere de refuerzo, si se utilizaran tiras o tablillas de 3 cm de ancho por uno de espesor, sería necesario distribuir las en dos hileras horizontales para que puedan caber, quedando la hilera superior muy próxima al eje neutro del dintel, lo cual disminuiría su capacidad de carga, siendo necesario aumentar el área de refuerzo, lo cual es imposible.

Ahora, si se usan cañas delgadas de bambú en lugar de tiras o tablillas, no cabrían en la zona de tensión del dintel debido a que el área se aumenta por el vacío interior de cada caña de bambú, lo que descarta la posibilidad de usar este tipo de refuerzo.

Sin lugar a dudas el problema anterior será mucho más grave cuando se requiera remplazar por bambú áreas mayores de refuerzo en acero. Podemos concluir de lo anterior que el empleo de cañas, tiras o tablillas de bambú como refuerzo es inoperante y antieconómico." 24/

Grupo y Edad	Separac. estribos	Viga número	Área del refuerzo			Carga Máxima Kgrs
			Tabl. H	Tabl. V	Cable	
A-2 10 meses	36	1	8.1	7.2	3.6	771
		2				961
		3				1.179
B-3 1 año	18	1	4.32	4.32	4.5	816
		2				961
		3				1.179
C-4 1 1/4 años	18	1	3.6	3.6	4.5	907
		2				929
		3				1.179
D-5 2 años	18	1 (d)	10.56	10.12	9.00	mal fundida
		2 (d)				1.587
		3 (d)				1.723
E-6 2 1/2 años	10	1 (d)	11.52	11.20	11.17	2.086
		2 (d)				2.177
		3 (d)				2.222
F-7 3 años	10	1 (d)	10.21	10.31	10.48	1.814
		2 (d)				1.769
		3 (d)				2.041
G-8 3 1/2 años	10	1 (d)	3.87	3.87	3.64	1.224
		2 (d)				1.360
		3 (d)				1.859
H-9 4 años	10	1	3.70	4.19	4.76	1.768
		2 (d)				1.603
		3 (d)				1.723
I-9 4 años	10	3a.	3 cables por torsión			1.134
		3b				3 cables trenzados

(d) = doble hilera de refuerzo

Tabl. H. = Tablilla de refuerzo colocada horizontalmente.

Tabl. V = Tablilla de refuerzo colocada verticalmente.

1.8.4.- CONSTRUCCIÓN Y EMPLEO DE CABLES DE BAMBÚ

Desde tiempos inmemoriales, el hombre asiático ha utilizado las cintas de bambú, no sólo en la elaboración de diversos tipos de tejidos y artesanías sino también como cordeles para amarrar. La experiencia le enseñó que las cintas extraídas de la zona externa del bambú eran mucho más resistentes que las obtenidas de la zona interna y así fue como juntando varias cintas obtuvo cuerdas de mayor resistencia que utilizadas en sus arcos dieron mayor alcance a sus flechas y amarres más fuertes a sus estructuras de bambú.

Siguiendo este mismo principio, los chinos desarrollaron dos métodos para elaborar cuerdas de bambú de mayor diámetro: uno por torsión de las cintas, similar al que hoy se emplea en la fabricación de cuerdas de cáñamo y, el otro por trenzado de cintas de tres milímetros de espesor alrededor de un núcleo o alma formado por una tira o segmento tangencial del tallo de bambú, al cual se le suprimía previamente la zona externa para evitar que trozara las cintas. Una vez que la cuerda trenzada se sometía a tensión, el tejido externo se ajustaba al núcleo.

Estas cuerdas generalmente tenían un diámetro de cinco centímetros y eran utilizadas entre otros fines, para arrastrar sus barcos o juncos contra la corriente de los ríos navegables de China.

Sin duda alguna la aplicación más importante que se les dio a las cuerdas de bambú fue en la construcción de gigantescos puentes colgantes con claros superiores a los 100 metros, que los chinos construyeron en su afán de superar los grandes ríos y profundas depresiones que impedían su comunicación y comercio con la India y otros países del Asia.

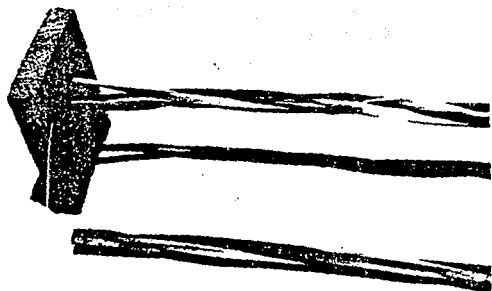


Figura En regiones apartadas de China aún se emplea como puente un solo cable de bambú sobre el cual se realiza una pieza de madera de la cual se amarran los trenses. Se considera que este sistema fue el origen de los puentes colgantes.

Para la construcción de estos puentes utilizaron grandes cables de bambú obtenidos por torsión de varias cuerdas trenzadas, por lo que sus diámetros variaban entre 20 y 30 centímetros.

"De acuerdo a los informes suministrados por Meyer (1937), quien realizó ensayos a tracción de las cuerdas trenzadas; una vez que la cuerda se somete a tensión el núcleo se rompe primero, mientras que el tejido, que constituye la mitad del área de la cuerda, muestra gran resistencia, rompiéndose con una carga de 1,828 Kgrs./cm² (26,000 lbs/ pulg²). Añade que un cable de cinco centímetros de diámetro puede sostener una carga de cuatro toneladas". 25/

1.8.4.1.- CONCRETO REFORZADO CON CABLES DE BAMBÚ.

Con el fin de establecer una comparación entre el empleo de tablillas o tiras y cables hechos con cintas de bambú como refuerzo en el concreto, en Colombia se ensayaron un total de 26 vigas de 2.2 M de largo por 12 cm de ancho y 20 cm de altura. Las vigas se colaron en grupos de tres, en cada uno de los cuales se usaron como refuerzo tiras o tablillas y cables obtenidos del mismo bambú. En la viga No. 1 se utilizaron las tablillas y tiras colocadas horizontalmente ;en la No. 2, colocadas verticalmente y en la No. 3, cables. En los primeros grupos se utilizó un refuerzo colocado en una sola hilera y en los otros, en dos hileras.

Figura Uno de los muchos puentes colgantes que se construyeron en China con cables de bambú. Los cables principales van por debajo del piso de madera sirviéndole además de soporte. Nótese el fondo la caseta.

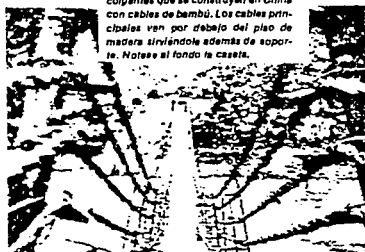


Figura Los extremos opuestos se fijan a pequeñas piezas de madera, en la forma como se indica en la figura. Estas piezas se giran en el mismo sentido.



Como refuerzo superior, se utilizaron siempre dos tablillas o tira de 12mm de ancho por 5 de espesor promedio, sin tener en cuenta la edad. En su preparación se tuvo la precaución de dejar muy salientes los tabiques de los nudos con el fin de lograr una mayor adherencia con el concreto.

a) Elaboración de los cable

Los cables de bambú se elaboraron con cintas obtenidas de la zona periférica, los cuales se dividieron radial y longitudinalmente, en tablillas o cintas, utilizando para ello una cortadora radial.

Posteriormente se les quitó la parte blanda interior y se emparejaron a un ancho de 1cm o más y a un espesor variable entre 3 y 7 mm. Inicialmente se elaboraron cables trenzados sin núcleo, pero debido a las dificultades para entretrejer las cintas obtenidas de bambúes mayores de un año, como al hecho de que este tipo de cables sólo puede hacerse con tres cintas, con lo cual se limita el área de refuerzo, se optó por utilizar cables hechos por torsión que permiten utilizar desde una, hasta un número ilimitado de cintas de cualquier ancho, espesor y edad.

Los cables por torsión se hacen siguiendo los mismos principios utilizados por los campesinos para elaborar sus cuerdas o lazos de otras fibras, en los cuales se emplean dos o más cordeles del material usado. Los cordeles se juntan por uno de los extremos formando un haz, el cual se hace girar al mismo tiempo y en el mismo sentido que los extremos libres.

Figura 4. Cable trenzado sin núcleo, hecho con cintas de guadua.



Figura 5. Grupo de estudiantes colaborando en la elaboración de los cables por torsión.

FALLA DE ORIGEN

Esta operación generalmente la realiza el campesino estando sentado, colocando los cordeles sobre la pierna derecha y haciéndolos girar al mismo tiempo, poniendo sobre ellos la mano derecha abierta y desplazándola hacia la rodilla a la vez que hace girar el haz de cordeles con los dedos índice y pulgar de la mano izquierda.

En el caso de los cables de bambú el extremo de las cintas que forman el haz se fija a una tabla que tiene un número igual de ranuras distribuidas en la periferia de un círculo dibujado con un lápiz, tal como se muestra en las ilustraciones. De igual manera, el extremo opuesto se fija separadamente a pequeñas piezas de madera que en lo posible deben tener forma circular para facilitar su giro con los dedos. Mientras se sostiene el haz de cintas, se procede a girar o a retorcer a un mismo tiempo y en el mismo sentido cada una de las cintas, hasta completar un número no mayor de tres o cuatro vueltas por metro lineal, teniendo el cuidado de que las vueltas queden distribuidas a lo largo de este espacio.

En ningún caso se deben dejar concentrar, lo cual generalmente ocurre en los puntos en donde la cinta tiene menor espesor, produciendo la separación de las fibras o la ruptura de las mismas; si ello llegara a ocurrir, debe reemplazarse la cinta completa. Una vez que las cintas tengan igual número de vueltas, se suelta el haz; el cual, con la energía que posee, gira solo, formado el cable. Posteriormente se amarran sus extremos.

Figura - Uno de los extremos de las cintas se fija en forma circular a una pieza de madera.



Figura - Las cintas se cortaron de diverso ancho y espesor, según el área de retuerto requerida.



b) Elaboración de los estribos

En todas las armaduras se utilizaron estribos hechos con cintas de 10mm de ancho por 3mm de espesor, obtenidas de bambúes de 7 a 9 meses de edad, período en el cual la planta es muy flexible y puede doblarse fácilmente.

Los estribos se hicieron de 16 cm de alto, por 8 de ancho con el fin de que el recubrimiento quedara de 2 cm de cada lado.

Para elaborar los estribos se utilizó un molde de madera con el fin de que todos tuvieran la misma forma y dimensión. Para facilitar el doblado de la cinta, los vértices del molde se cortaron diagonalmente.

El amarre de los estribos con los cables se hizo siguiendo el mismo procedimiento empleado en el amarre de las armaduras de acero, utilizando para esto alambre No. 18 y un gancho hecho con una pequeña varilla de alambroón de 1/4 de pulgada.

c) Mezcla utilizada en el concreto.

En todas las vigas se utilizó la misma mezcla de concreto con la siguiente dosificación por metro cúbico:

cemento.....	90kg.
agua.....	175 l
arena.....	755kg
grava o balasto.....	1230kg



Figura . Guis de madera para elaborar los estribos.



Figura . Colocación de la cinta.

Esta mezcla, que corresponde a una proporción de 1:2.6:4.24 por peso, dio una resistencia promedio a los 7 días, de 1250 Lbs/pulg² y de 2157 Lbs/pulg² a los 28 días. El cemento utilizado fue el Portland tipo 1, conocido con el nombre comercial de "Conquistador". se emplearon como agregados, arena de río y balasto, teniendo en cuenta que estos materiales pueden obtenerse fácilmente en las zonas rurales.

d) Resultados de los ensayos de las vigas de concreto

Todas las vigas se ensayaron a los 28 días de coladas. Con este propósito se colocaron sobre soportes con un claro o separación de 2m entre centros y luego fueron sometidas a una carga concentrada en el centro de la viga. Los resultados se indican en el cuadro anexo:

e) Ensayos de adherencia

La máxima adherencia en el concreto, obtenida con los cables de bambú fue de 18.22 kg/cm²; y la mínima, de 6.42kg/cm² en las tiras o tablillas de bambú, la adherencia fue de 5.09kg/cm cuadrado.

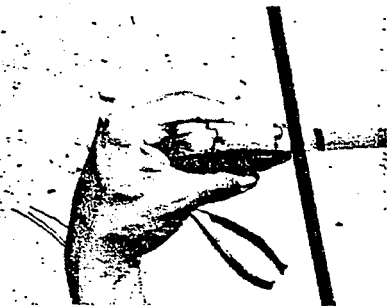
f) Ventajas de los cables de bambú

Teórica y experimentalmente se comprobó en la investigación realizada en Colombia que el empleo de cables elaborados con cintas de guadua o de cualquier otro bambú, como refuerzo en el concreto, supera muchas de las dificultades que hasta esa fecha se habían presentado y que habían hecho

Figura 2. Anverso de la cinta. El alambre se pasa por los retorcidos.



Figura 3. Cortejo de la cinta



inoperante el uso de la cañas y tiras del bambú como refuerzo en el concreto, comprobándose que al emplear cables se obtiene una mayor resistencia a la tracción o tensión, mayor adherencia con el concreto por tener menores cambios dimensionales y mayor capacidad de refuerzo. Todo esto se resume a continuación:

1) Mayor resistencia a la tensión o tracción:

A pesar de las dificultades que se encontraron para el ensayo, atención o tracción de los cables de guadua, debido al aplastamiento que produce en sus extremos el agarre de la máquina, se obtuvo en uno de ellos una resistencia de 1452kg/cm cuadrado, la que podría ser mucho mayor si se tiene en cuenta que la resistencia máxima obtenida en las cintas fue de 3213 kg/cm cuadrado.

Con base en lo anterior es posible decir que los cables hechos con cintas de guadua pueden superar la resistencia de los cables utilizados por los chinos en la construcción de puentes colgantes que, según Meyer (1937), tenían una resistencia de 1828kg/cm cuadrado. Por otra parte, como se demostró anteriormente, un cable hecho con cintas de bambú tiene mayor resistencia a la tracción que una sola cinta o trabilla de igual área transversal. Por esta razón la capacidad de carga de las vigas reforzadas con cables de bambú es mayor que las vigas reforzadas con tiras o tabillitas como se comprobó en estos experimentos.

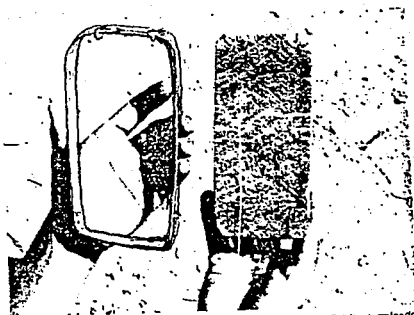
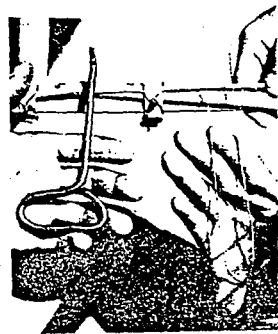


Figura . . . Estirbo terminado.

Figura . . . Gancho y alambre utilizados en el amarrar del castillo.



FALLA DE ORIGEN

2) Mayor adherencia con el concreto

Sin lugar a dudas, la adherencia de los cables de bambú con el concreto es mayor que la de las tiras o tablillas y cañas de bambú debido a las entrantes y salientes que forman las cintas entrelazadas del cable. Por otra parte, teniendo en cuenta que las varillas de acero moldeadas con forma helicoidal tienen mayor adherencia en el concreto que las varillas lisas, es lógico que algo similar debe ocurrir con los cables de bambú que tienen esa misma forma.

Lo anterior se demostró en los ensayos de adherencia en los cuales las tablillas y tiras dieron un máximo de 5.09kg/cm cuadrado; y los cables dieron 18.22kg/cm cuadrado. Por otra parte, la adherencia en los cables puede incrementarse ya sea utilizando cintas más anchas, aumentando el número de cintas o adicionando piedras alargadas con el fin de formar protuberancias.^{26/}

3) Menores cambios Dimensionales

Como consecuencia de humedecer el bambú, su diámetro se incrementa en 24 horas en un 2.5% y el espesor de una tira o tablilla, en un 8%, los cuales siguen aumentando progresivamente. en cambio en las cintas de los cables este incremento es de sólo el 3.5% de su espesor y es posible que en la práctica sea menor por la presión que se ejerce al trenzar el cable.

Figura Los cambios de volumen que afectan a la gusúne o el bambú en general, al secarse, cuando se corta muy joven, no sólo deben tenerse en cuenta en la construcción de estructuras sino también en la elaboración de artesanías.



De lo anterior se deduce que no es necesario aplicar en los cables de bambú ningún tratamiento de impermeabilización tales como los recomendados para las cañas o tiras de bambú que se utilizan como refuerzo, lo que además de ser costoso es peligroso en el caso de que se recubran las cañas o tablillas verdes o húmedas, porque puede favorecer a su putrefacción.

Según Masani (1974) el bambú tratado con inmunizantes puede llegar a tener una duración de 60 años dentro del concreto, o de 20 años si no se trata; de ahí que sea conveniente la inmunización de las cintas antes de elaborar los cables, pero no es necesaria su impermeabilización.

4) Aumento de la capacidad de refuerzo

Como se indicó anteriormente, la zona de mayor resistencia del bambú ocupa solamente el 30% de la pared del mismo, de donde se deduce que cuando se utilizan tablillas como refuerzo en el concreto, el 70% de su área transversal no presta ninguna función como refuerzo, y, por el contrario, afecta la zona de mayor resistencia.

Esta área inútil puede reemplazarse por un área equivalente de tiras con área de mayor resistencia en los cables, aumentando por consiguiente la capacidad de carga de la viga.

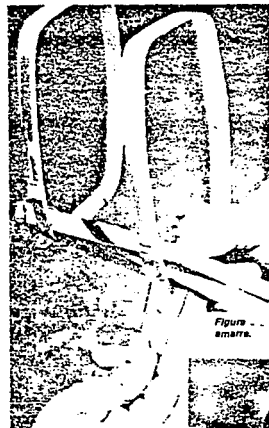


Figura 1. Colocación del alambre para iniciar el amarre.



Figura 2. Colocación del cable de refuerzo dentro del alambre.

FALLA DE ORIGEN

1.8.4.2.- EL BAMBÚ UTILIZADO EN LOS EXPERIMENTOS

En Colombia existe un gran número de especies de bambú que se desarrollan entre diferentes alturas desde el nivel del mar hasta las regiones más altas de las cordilleras. La *Bambusa guadua*, por ejemplo, se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 1700 metros de altura.

Muchas de estas especies hasta ahora no han sido clasificadas. Aún entre las especies gigantes llamadas "guaduas", que son las que tienen mayor valor económico por sus múltiples aplicaciones, sólo una de ellas ha sido clasificada con el nombre científico de *Bambusa guadua* (*Guadua angustifolia*), la cual se conoce con los nombres vulgares de "macana" o "guadua macho".

Esta especie es la que tiene mayor diámetro, espesor y resistencia a las nativas de América. Se caracteriza por tener en la parte inferior del tallo ramas largas, solitarias y muy espinosas. Entre las muchas aplicaciones que se le da, la más importante es como material de construcción.

Las especies gigantes que aún no han sido clasificadas son las conocidas con los nombres vulgares de "guadua rayada" y "guadua de castilla" que por ser considerada como variedades o variaciones de la *Bambusa guadua* los estudiosos colombianos las han clasificado como *Bambusa guadua* var. *striata* y *Bambusa guadua* var. *castilla*, para evitar confusiones en los trabajos de investigación futuros.



Bambusa polymorpha, que goza de gran preferencia en la construcción de casas

La "guadua rayada" tiene características similares a la "guadua macana" con la diferencia de que su tallo verde tiene rayas o estrias amarillas. Es uno de los bambúes más hermosos del país y uno de los más decorativos.

La "guadua castilla", conocida también con los nombres de "balsa" y "cebolia", se diferencia de las otras dos por tener menor diámetro, espesor de pared y resistencia, por lo cual también se le da el nombre de "guadua hembra".

Se caracteriza por no tener ramas en la parte inferior del tallo, en la mayoría de los casos. Entre sus muchas aplicaciones se emplea en la elaboración de tableros de esterilla y como elemento estructural. Esta especie fue la escogida para realizar la presente investigación.

Es importante anotar que la última década se realizaron en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Bogotá, dos investigaciones como tesis de grado sobre concreto reforzado con tiras de "guadua macana" y con "guadua de castilla", respectivamente.

Los resultados obtenidos de las propiedades físicas de estas especies, del promedio de muestras ensayadas en cada una de estas investigaciones se indican en el siguiente cuadro:



Bambusa vulgaris del Lago Victoria, Jardín Botánico en Entebbe Uganda

1.8.5.- PRINCIPIOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

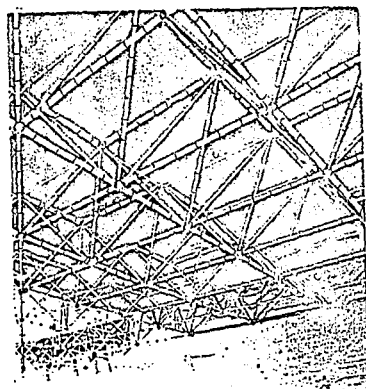
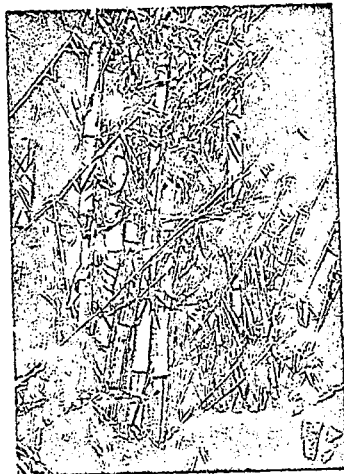
Para el diseño de los elementos de concreto reforzados con bambú se han adoptado los mismos principios que se aplican al diseño de los elementos estructurales de concreto armado con acero corriente.

"El porcentaje del refuerzo utilizado deberá corresponder a la proporción óptima. Deberán efectuarse cuidadosamente la selección, curado, preparación y tratamiento. Deberán elegirse bambúes maduros, que suelen caracterizarse por el color castaño del tallo en la mata.

No deberá utilizarse material no curado, especialmente en los centros de flexión. Se han registrado resultados satisfactorios con bambú no curado en el concreto que no terminará de secarse, por ejemplo en los tanques de agua. El bambú partido presenta una mejor capacidad de carga que los tallos enteros.

El tamaño de las tiras es importante. Un ancho superior a 2cm. podría originar resquebrajamiento horizontales a causa de la dilatación. También los tallos enteros, cuando se utilizan, deberán ser de un diámetro inferior a 2cm.

Es importante un espaciamiento adecuado del bambú. Las pruebas realizadas indican que cuando los refuerzos longitudinales principales del bambú están demasiado próximos, queda afectada adversamente la resistencia a la flexión del elemento.



El espaciamiento mínimo no deberá de ser menor que el tamaño máximo del agregado mineral más 0.75cm., o la anchura de las tiras de bambú, más 0.75 cm., según sea uno u otro el valor más alto. Al colocar el refuerzo de bambú, habrá de tenerse cuidado en alternar los extremos inferiores y superiores de los tallos de bambú en todas las filas. Esto asegurará una sección bastante uniforme de refuerzo a lo largo de todo el elemento.

1.8.5.1.- ESFUERZOS PERMISIBLES

Como el esfuerzo efectivo que desarrolla el bambú cuando se usa como refuerzo es mucho menor que el que aparece en los ensayos directos de tensión, los esfuerzos permisibles deberán basarse en los resultados efectivos de los ensayos obtenidos con elementos reforzados con bambú.

Sobre la base de los esfuerzos de tensión observados en el bambú como refuerzo del concreto, podría usarse en el diseño como garantía de seguridad un esfuerzo de tensión de 350 a 420 kg/cm². No obstante, deberán utilizarse habitualmente valores de diseño que no excedan los 210 a 280kg/cm² si la flexión del elemento ha de mantenerse por debajo de 1/360 de su claro. Se ha recomendado un refuerzo de adherencia permisible de 3.5kg/cm² para el bambú, en comparación con la cifra de 6kg/cm². para el acero suave en el concreto 1:2:4.

Figura 1.8.5.1.- Para los ensayos de adherencia se fundieron en los extremos de cada cable dos bloques de concreto de diferente dimensión, como se indica en la figura.

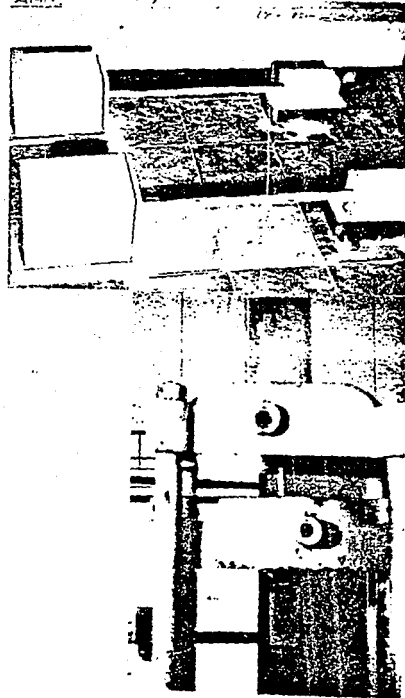


Figura 1.8.5.1.- Ensayo de adherencia de los cables en el concreto.

1.8.5.2.- COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS REALIZADAS CON BAMBÚ.

Se ha construido cierto número de estructuras experimentales de concreto, incluidas viviendas agropecuarias, usando el bambú como material de refuerzo. La condición de dichas estructuras, a pesar de su aspecto atractivo desde del exterior, no fue satisfactoria transcurridos de tres a cinco años después de su construcción.

La mayoría de los elementos estructurales como vigas, trabes, armaduras, losas o placas, presentaban grietas pasadas dos semanas o un mes después de la construcción. Después de los primeros seis meses no se producen nuevas grietas. Algunos de esos resquebrajamientos no afectaban a la seguridad de la estructura, pero otros eran importantes y se iban ensanchando hasta llegar a poner en peligro la seguridad de la estructura. Tales grietas podrían ser debidas a una inadecuada colocación de los refuerzos o a otros factores. Algunas grietas eran el resultado del empleo del bambú sin curar.

En la mayoría de los casos estaban intactas las placas de las cubiertas. Las vigas de carga, las trabes y armaduras mostraban grietas en general. Algunas pequeñas fisuras en las losas o placas de la cubierta no ofrecían peligro pero permitían filtraciones y hubo de aplicarse más adelante material impermeabilizante. Las flexiones en las

vigas y en las losas fueron muy pequeñas, aun en los casos en que aparecieron grietas. Las unidades coladas en taller usadas para los muros interiores dieron resultados muy satisfactorios.

El bambú de refuerzo tiene tendencia a desplazarse hacia la parte alta de la masa de concreto.

Para evitar esto, podría atarse a taquetes insertados por medio de alambre de hierro galvanizado. Se construyó una losa de cubierta de 3.6m. con bambú tratado y curado, con piezas integrantes de fijación transversal como refuerzo incluido (véase la fig.).

Se produjeron resquebrajamientos en la losa, pero por lo demás se mantuvo su solidez al cabo de 8 años. En Indonesia se construyó una casa experimental con muros y cubiertas de concreto de cal y puzolana volcánica reforzado con tiras de bambú recubiertas de betún. Al cabo de 6 años, se produjeron repentinamente grietas peligrosas en la cubierta plana debido al deterioro del bambú.-

En Manila, las vigas y losas de una habitación de 4.2 x 3 mts., construidas con empleo de tablillas de *Bambusa Blumeana* como refuerzo, se hallaban en buenas condiciones al cabo de 7 años. Para ello se habían elegido bambúes de unos seis años, curados, cortados y modelados, y se recubrieron las tablillas con una emulsión de asfalto antes de introducir las al concreto.

En Filipinas se recomienda el empleo del bambú como refuerzo para pequeñas estructuras de

construcción, como mesas de trabajo en cocinas y mercados, en tapas de fosas sépticas, en estantes, en tuberías y construcciones de bloques huecos para muros y tabiques en pequeños edificios.27/

Esto resume la situación actual con respecto al empleo del bambú como refuerzo del concreto. A continuación hacemos una reflexión sobre los tipos de elementos que pueden ser fabricados con bambú y con algún material de recubrimiento teniendo en cuenta lo antes mencionado respecto a las limitaciones que se han descubierto al emplear al bambú como elemento de refuerzo del concreto.

1.9.- POSIBLE INDUSTRIALIZACIÓN DEL BAMBÚ

Es factible lograr que se formen industrias en las que la materia prima principal sea el bambú, sobre todo si lo que se va a producir son elementos para mejorar las condiciones de habitabilidad de las casas, tales como: inodoros, lavaderos, fregaderos, en general paneles y esterillas para mesas de trabajo

y tanques o tinacos para almacenar agua y para otros usos tales como los trabajos de beneficio del café.

En esta tesis proponemos la fabricación en Chiapas de los productos antes mencionados, pero basados en los estudios y en las investigaciones que ya se han efectuado en otros países tales como la India y Colombia principalmente, de los que conocemos sus experiencias en las que se han probado las

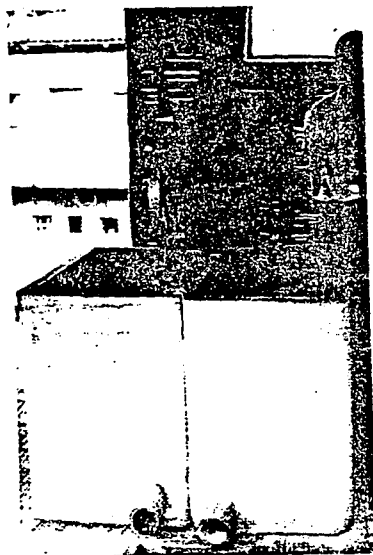
bondades del bambú como material de refuerzo o como parte importante de las estructuras y elementos de construcción.

Se propone a este estado de la república por que reúne todos los requisitos de clima, tipo de suelos, de ríos y de infraestructura agrícola en los que se puede producir el bambú en forma por demás conveniente, con la mano de obra necesaria, con poca inversión, y con el mercado adecuado para adquirir y aprovechar todos los insumos y productos terminados que ahí se fabriquen, pues dada su localización es factible también lograr su exportación a los países centroamericanos ya que todos ellos tienen características socioeconómicas similares a las de Chiapas.

1.9.1.- FABRICACIÓN DE TANQUES CON BAMBÚ-CEMENTO PARA FERMENTACIÓN DE CAFÉ

Para la fabricación de tanques de bambú-cemento sólo se requieren: una canasta tejida con cintas de bambú, con las dimensiones y forma que se desee; y mortero de cemento para recubrirla, similar al utilizado para aplanar paredes compuesto de cemento, arena fina de río y agua, que se mezclan en la forma y proporciones que se indican más adelante.

"Las canastas utilizadas en los diversos experimentos efectuados en Colombia, fueron elaboradas con cintas obtenidas de la guadua a la que se le denomina *Bambusa guadua var. castilla*. Sin embargo, puede emplearse cualquier otra especie de bambú. Las cintas más apropiadas para la elaboración del canasto se obtienen de tallos jóvenes de bambúes que tengan entre 10 y 12



FALLA DE ORIGEN

meses de edad en la mata, período en el que el material es más blando y flexible, lo cual permite que las cintas puedan ser tejidas más fácilmente.

Las cintas deben de cortarse sólo de la zona externa o periférica del bambú y en ningún caso de la zona interna. La razón de esto es que en los ensayos a la tensión que se realizaron separadamente de estas dos zonas, tomadas de un mismo internodio, se encontró que la zona externa del bambú es casi tres veces más resistente que la interna.

Según las dimensiones del tanque, el ancho de las cintas puede variar entre 5 y 12 milímetros, y su espesor entre medio y tres milímetros. En la elaboración de la canasta se emplea el tejido sencillo que tradicionalmente utilizan los campesinos y artesanos.

No se requiere un buen acabado, pero sí una adecuada separación de las cintas y evitar en lo posible el mayor número de empalmes o de uniones que ocasiona el uso de cintas muy cortas.

La separación tanto entre las cintas horizontales como entre las verticales, no debe ser menor de un centímetro con el fin de que el mortero de cemento pueda pasar de un lado al otro. La separación máxima entre las cintas horizontales no debe ser mayor de 2 centímetros, y de 5 centímetros entre las verticales.

Estas dimensiones pueden combinarse, ya sea colocando las cintas horizontales a un centímetro de distancia y las verticales a 5

Figura . Canastas utilizadas en la construcción de los tanques.

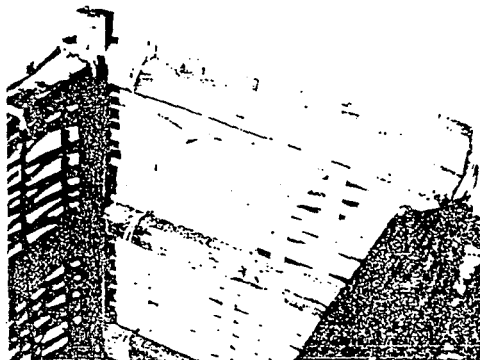
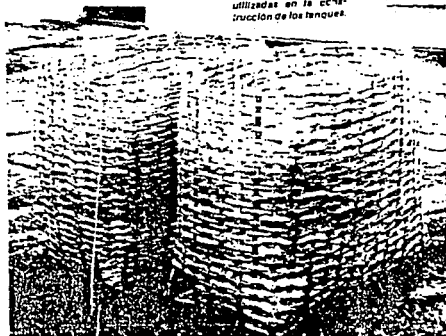


Figura . Para construir un tanque de grandes dimensiones, como los experimentados en el beneficiadero, se recomienda tejer el canasto sobre un esqueleto de madera, fácilmente desarmable, con el fin de que sus paredes queden derechas.

centímetros o formando una retícula de 2 por 2 centímetros.

Para evitar que las cintas horizontales se corran, o se junten, deben amarrarse con las verticales en algunos puntos con alambre No 18 o uno más delgado.

El mortero utilizado para el recubrimiento interno y externo de la canasta se prepara en proporción 1:2 por volumen, o sea una parte de cemento por dos de arena. Estas cantidades se miden utilizando botes alcoholeros y en su defecto botes de conservas o de cualquier otro tipo de envase que tenga resistencia y que pueda usarse como medida proporcional de los materiales.

El agua que se emplee en la preparación del mortero debe ser lo más limpia posible de preferencia potable, pues la resistencia de la mezcla depende de la cantidad y calidad del agua que se le agregue. El tipo de arena más apropiado para la preparación del mortero, es la arena fina de río, pero que no sea demasiado fina, debe ser limpia y no debe contener arcilla ni substancias orgánicas.

Para calcular la cantidad de cemento y arena necesarias para construir un tanque de bambú-cemento de determinadas dimensiones, es necesario tener en cuenta que la canasta debe recubrirse interior y exteriormente con una capa de mortero de uno a uno y medio centímetros de espesor, o sea que el espesor total de la pared, incluyendo el de la canasta, puede variar entre 2.5 y 3.5 centímetros. El volumen de las paredes y el

Figura 1. Lo más importante al preparar el mortero es que su plasticidad sea tal, que pueda hacerse con él una bola que no se deforme y que no securra agua al ponerse sobre la mano.



Figura 2. La primera operación que debe hacerse es centrar la arena.



fondo del tanque se calcula multiplicando el espesor por el largo y la altura de las paredes, medidas exteriormente, y por el largo y ancho del fondo, medidos interiormente.

El volumen total obtenido corresponde a la cantidad total de arena que se requiere, y la mitad del mismo, al cemento, por ser la proporción de la mezcla 1:2. Por ejemplo: Si el tanque que se va a construir tiene de altura, de largo y ancho un metro, medidos exteriormente, y 3.5 centímetros de espesor, el volumen total de las paredes y del fondo será aproximadamente de 0.18 metros cúbicos de arena y 0.09 metros cúbicos de cemento.

Esto para algunas personas parecerá absurdo pero debe tenerse en cuenta que entre los granos de arena hay espacios vacíos que son llenados por el cemento.

El tanque se recubre con cuatro capas de mortero, de las cuales la primera se aplica exteriormente y las otras dos días después, se debe calcular inicialmente la cantidad de arena y de cemento que se requieren para la primera capa lo que corresponde a la cuarta parte de las cantidades calculadas.

Si para medir las proporciones de la mezcla construimos un cajón de madera de 20 centímetros de largo, de ancho, y altura, medidos interiormente, su capacidad sería de 0.008 metros cúbicos. Dividiendo el volumen total de arena por el volumen o capacidad del cajón, o sea $0.18/0.008$, obtenemos

Figura -3 Para medir las proporciones de la mezcla, puede utilizarse un tarro de galletas.



Figura ... Para medir el agua se puede emplear también un tarro de galletas, diferente al utilizado para medir el cemento y la arena.

el número de cajones de arena que se requieren en total, o sea 22 1/2.

Dividiendo el número de cajones de arena entre dos, obtenemos el número de cajones de cemento que se necesitan en total, o sea 11 1/4.

Como para aplicar la primera capa sólo se necesita la cuarta parte del mortero, se divide el número total de cajones entre 4, lo que da un poco más de 5 1/2 cajones de arena, y un poco más de 2 3/4 cajones de cemento. En este caso o en casos similares, se redondea el número a cajones completos, o sea que para preparar cada una de las capas del mortero se usan 6 cajones de arena y 3 de cemento, lo que incluye el desperdicio.

El mortero debe prepararse en un espacio cubierto, sobre una superficie plana, pavimentada, o sobre una artesa de tablas bien juntas y clavadas. En ningún caso debe prepararse sobre la tierra ya que ésta absorbería el agua de la mezcla. En la superficie indicada se extiende primero la arena, previamente medida y sobre ella el cemento, después de lo cual se revuelve en seco con ayuda de una pala.

Si la cantidad es muy poca, es mejor preparar la mezcla en una artesa o cajón de madera. Una vez que la mezcla tenga un color uniforme, se le agrega el agua en cantidad igual a la mitad del volumen del cajón de madera usado para medir las cantidades de arena y cemento, pero empleando un recipiente apropiado.

Figura 1. La cantidad de agua que debe adicionarse a la mezcla se determina cuando es posible hacer una bola que no se deforme y que no escurre agua.



FALLA DE ORIGEN

Posteriormente se sigue agregando el agua poco a poco, hasta que la mezcla adquiera una determinada plasticidad, la cual se conoce cuando es posible amasar con las manos una bola de mortero, que conserve su forma puesta sobre la mano abierta, y que no escurra agua al comprimirse ligeramente.

Esta operación conviene hacerse repetidamente hasta obtener el punto correcto de la mezcla. Si el mortero queda licuado no es posible aplicarlo sobre el canasto, además que se disminuiría su resistencia. En ningún caso debe agregarse el agua con manguera.

La cantidad de agua que se emplea en la mezcla de la primera capa debe medirse con cuidado con el fin de usar la misma cantidad de agua en las siguientes. Si después de aplicada la primera capa, la arena se humedece en caso de lluvia, debe disminuirse la cantidad de agua calculada para la preparación de las mezclas de las capas finales.

1.9.1.1.- APLICACIÓN DEL MORTERO

Antes de la preparación del mortero, el canasto debe sumergirse por espacio de 3 horas en un estanque de agua. Si no se dispone de un estanque, se humedece constantemente hasta que las cintas queden saturadas.

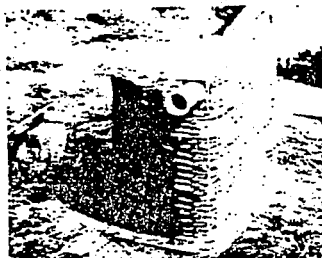


Figura 1.9.1.1.- Aplicación de las dos capas exteriores.



No se debe aplicar el mortero sobre el canasto seco debido a que las cintas pueden absorber parte del agua de la mezcla, debilitándola y agrietándose posteriormente. Si las paredes del canasto no están muy derechas, se coloca en su parte interior un marco de madera ajustado, que sólo se quitará dos días de aplicada la capa externa y antes de aplicar la capa interna.

La salida del agua del tanque que puede ser un niple tanto como el rebosadero debe colocarse y amarrarse del canasto antes de iniciarse la aplicación del mortero. Si es posible deben utilizarse nipples metálicos y sólo en último caso se empleará una sección de bambú secada al aire y que no esté verde. En el primer tanque que se construyó experimentalmente, el canasto se colocó en posición invertida, es decir con el fondo hacia arriba, y en esta forma se aplicó la primera capa exteriormente. Sin embargo, este sistema no se recomienda por las dificultades que se tienen posteriormente para invertir el tanque, con el fin de aplicar las capas interiores.

La aplicación de las cuatro capas de mortero puede hacerse en tres o en dos etapas, según la experiencia que se tenga en la aplicación de recubrimientos sobre muros.

La canasta se coloca en su posición normal. En la primera etapa se recubre la base y las paredes exteriormente con una delgada capa de mortero, de menos de 1cm de espesor a excepción de la de la base que es mayor. Dos días después, sin

Figura 1 Recubrimiento exterior terminado.

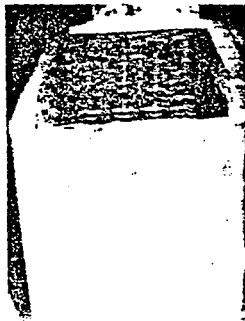
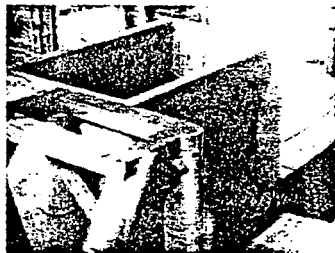


Figura 2 Tanques para fermentación de café una vez terminados.



necesidad de mover la canasta, se aplica la capa interior, y un día después las capas externa e interna finales.

Para hacerlo en dos etapas: a los dos días de aplicada la primera capa externa, se aplican a un mismo tiempo las dos capas internas y la final externa. Las primeras capas deben dejarse rústicas con el fin de que tengan mejor agarre las capas finales.

El recubrimiento del canasto debe hacerse sobre un cajón o sobre una pequeña plataforma con tripiés y tablas pulidas, sobre la cual se aplica una capa delgada de parafina o en su defecto aceite quemado o diesel, los cuales se untan con un trapo.

Sobre la plataforma y el área que va a ocupar el canasto, se extiende una capa de mortero de 1.5 cm de espesor y sobre ella se coloca la base del canasto, la cual se presiona con la mano para que penetre el mortero, hasta que éste salga por los espacios de las cintas.

Posteriormente se comienza a recubrir el lado externo de la canasta, de abajo hacia arriba, aplicando el mortero con la mano, presionando para que penetre entre las cintas. Una vez aplicada la primera capa, se deja secar por espacio de dos días antes de aplicar las otras. La superficie de las capas finales debe pulirse aplicando sobre ellas aún frescas, una mezcla muy rica en cemento que se afina con una llana metálica o de madera o con la cuchara de albañil.



1.9.1.2.- CURADO

Doce horas después de terminado el tanque y por espacio de una semana, sus paredes y fondo deben humedecerse continuamente con agua o envolverse interior y exteriormente con trapos que se mantengan húmedos. La razón de esto es que parte del agua de la mezcla, que es muy seca, se evapora rápidamente, siendo necesario reponerla para lograr la completa hidratación del cemento.

Si no se hace esta operación, a la que llamamos "curado", el cemento no alcanza la resistencia debida y el tanque de agrieta. Como se anotó anteriormente, el fraguado se inicia una hora después de haberse mezclado con el agua, pero su resistencia total sólo la adquiere a los 28 días, por lo que es necesario esperar todo este tiempo para mover el tanque. Sin embargo, puede llenarse con agua a las 3 semanas de terminado. 28/

1.9.2.- OTRAS APLICACIONES

A continuación se explica un procedimiento que es un resumen de lo visto anteriormente, y que se aplica a la construcción de cualquier elemento que se desee hacer con bambú-cemento, ya sean: tanques para almacenamiento de agua, fosas sépticas, sanitarios o letrinas, lavaderos, lavaplatos, silos u otros elementos prefabricados.

"Además de la rigidez y dureza del tejido, es muy importante tener en cuenta al fabricar la canasta, que su forma y dimensiones sean las apropiadas para el uso final que se le vaya a dar.



Figura ... Ensayo de canastas recubiertas con mortero solo interiormente

FALLA DE ORIGEN

Por esto se recomienda al artesano, que antes de tejerla, tome las dimensiones más importantes de los modelos comerciales que tenga a mano, por ejemplo, cuando vaya a construir un sanitario. Los pasos a seguir se muestran gráficamente a continuación:

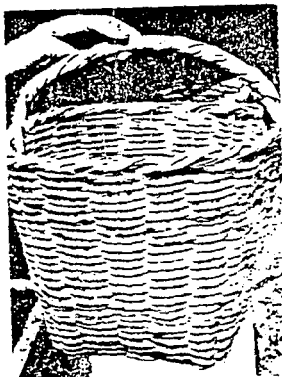


Figura . In lanque puede hacerse hasta con una canasta adquirida en el mercado. Si el fajido es tupido se le suprimen las cintas intermedias.



Figura . Sobre la base se extiende una capa de mortero nivelada con la mano.



Figura . Sobre la superficie de madera, nivelada, se aplica aceite quemado con un trapo o en su lugar parafina

FALLA DE ORIGEN

Figura 1. Sobre el fondo del canasto se extiende otra capa de mortero.

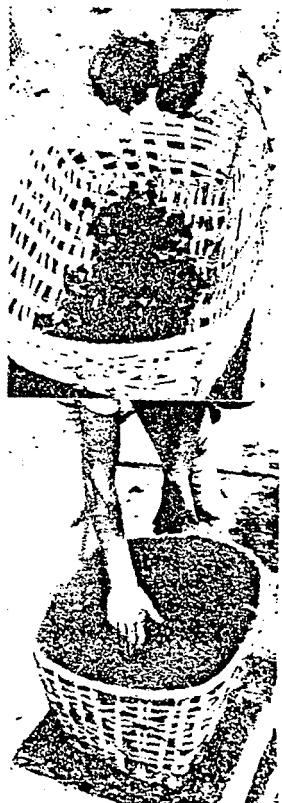


Figura 2. El mortero se presiona con los dedos para que pase a través de las cintas.

Figura 3. La canasta, saturada de agua, se coloca sobre la capa de mortero extendida, y se presiona para que el mortero saque entre las cintas.



Figura 4. La capa de mortero se presiona con los dedos sobre la anterior.



Figura 5. Luego se recubre con mortero el lado interior.

Figura Dos o tres días después se recubre
 anteriormente con la primera capa y se aplica
 interiormente la segunda o final.



Figura Terminación de los bordes.

Figura Tanque terminado.

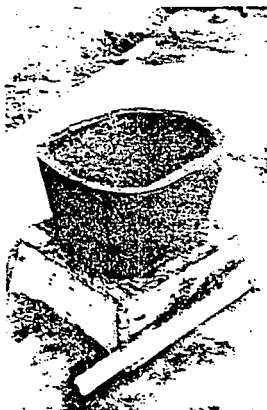


Figura Aplicación de la segunda capa interna.



Figura Ensayo de tanque dos semanas después de

1.9.2.1.- CONSTRUCCIÓN CON BAMBÚ-CEMENTO DE LOSAS PARA ANTEPECHOS Y MESAS DE COCINA.

El bambú-cemento se puede aplicar en la construcción de losas o planchas para mesas de cocina y antepechos, entre otros muchos usos. El procedimiento a seguir es igual al explicado para la construcción de tanques, sólo que en este caso se emplea una malla plana o curvada, tejida con cintas de bambú de 2 mm. de espesor y de 1cm de ancho, y separadas de 4 a 5 cm. su construcción se muestra en las gráficas siguientes:29/



Figura ... Hoja de 3 centímetros de espesor hecha en bambú-cemento.

Figura ... Aplicación de acetas quemado sobre la base y bordes de madera de la formata.

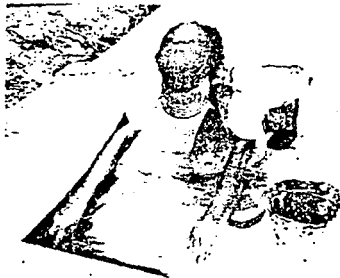
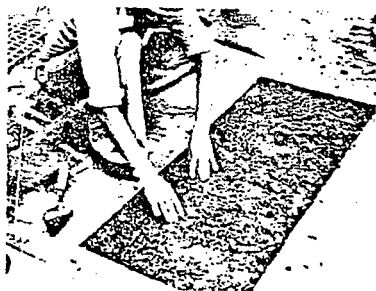


Figura ... Aplicación de la primera capa de mortero sobre la base de madera.



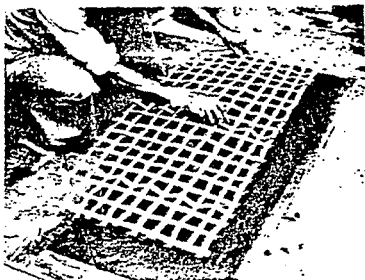


Figura ... Colocación de la malla sobre la capa de mortero.

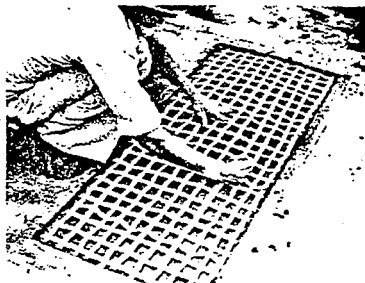
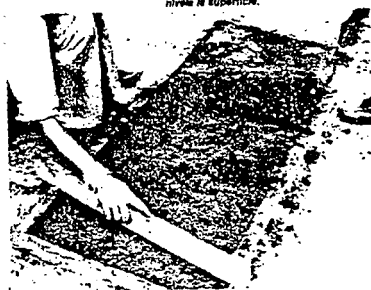


Figura ... La malla se comprime contra el mortero.

Figura ... Colocación de la capa superior de mortero



Figura ... El material sobrante se seca con una regla a la vez que se nivela la superficie.



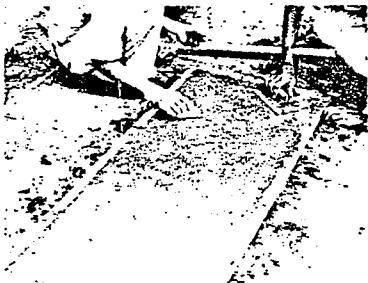


Figura 1. Acabado o esmaltado de la superior.

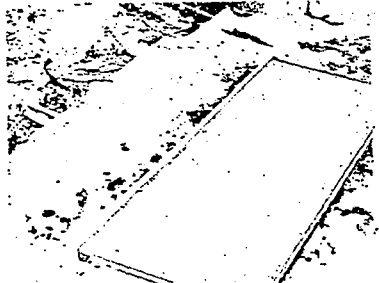


Figura 2. Una vez terminada la losa se debe curar por espacio de ochodías. Su colocación solo puede hacerse 3 semanas después de fundida.



Figura 3. Las plaquetas deben hacerse de dimensiones apropiadas para facilitar su transporte.

Figura 4. Las plaquetas para mesas de cocina deben tener un espesor mínimo de 5 centímetros y apoyarse sobre soportes de ladrillo o madera separados 50 centímetros.



REFERENCIAS :

- 1/ Utilización del Bambú y la caña en la construcción. - O.N.U. - New York. prefacio iii.
- 2/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pag. 7.
- 3/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pag. 9.
- 4/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pag. 10.
- 5/ Bamboo
- 6/ Utilización del Bambú y la caña en la construcción. - O.N.U. - New York. pags 15 - 20
- 7/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 11 - 12
- 8/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 12 - 14
- 9/ Utilización del Bambú y la caña en la construcción. - O.N.U. - New York. pag. 1
- 10/ Bamboo
- 11/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 14 - 17
- 12/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 17 - 19
- 13/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 20 - 25
- 14/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 26 - 31
- 15/ Bamboo
- 16/ Utilización del Bambú y la caña en la construcción. - O.N.U. - New York. pag. 31
- 17/ Utilización del Bambú y la caña en la construcción. - O.N.U. - New York. pag. 2
- 18/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pag. 89
- 19/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 107 - 109
- 20/ Utilización del Bambú y la caña en la construcción. - O.N.U. - New York. pag. 74
- 21/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pag. 109
- 22/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pag. 109
- 23/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pag. 110
- 24/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pag. 112
- 25/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 118 - 120
- 26/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 122 - 130
- 27/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 113 - 116
- 28/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 90 - 97
- 29/ Nuevas técnicas de Construcción con Bambú. Oscar Hidalgo López. pags. 98 - 104

2.- EMPLEO DEL BAMBÚ EN ARQUITECTURA

Desde la época prehistórica el hombre ha utilizado al bambú como un elemento primordial en la construcción de su morada. Primeramente en la construcción de sus palafitos, después en la de tiendas y chozas de muy distintas conformaciones y con cubiertas con un número muy grande de diferentes materiales ; llegando con el tiempo a la construcción de viviendas muy sofisticadas empleando al bambú como el material de soporte y recubrimiento.

Como ya se mencionó con anterioridad la mayoría de la población mundial vive en casas de bambú o en casas en donde el bambú es el material predominante. Pero el bambú no solamente ha sido empleado en la construcción de viviendas, sino que en las regiones en donde el bambú es originario o se ha empleado desde hace mucho tiempo, se han construido todo tipo edificios dedicados a las más diversas actividades que la vida en sociedad ha ido demandando.

"Muchos de los elementos y formas estructurales que se emplean hoy en arquitectura, tanto tradicional como moderna, tuvieron su origen en las primitivas construcciones realizadas en la China, en la India y en otros países asiáticos.

Fueron los Vedas de la India, los primeros en aprovechar la elasticidad del bambú, construyendo arcos y bóvedas de diferentes formas, las que luego sirvieron de base a los Bengaleses para inventar la cúpula de bambú, de la cual se derivaron las distintas cúpulas que hoy son símbolos de la

Figura 208. Cúpula primitiva de bambú inventada por los bengaleses que en su utilización en la construcción de templos budistas.

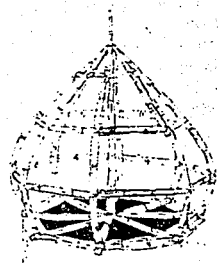
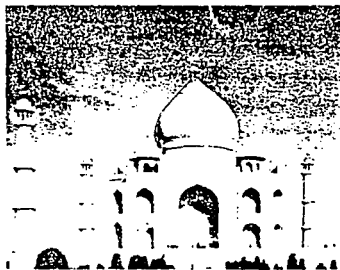


Figura 209. El Taj Mahal es uno de los monumentos más hermosos de la India. La forma de su cúpula es descendiente directa de las primitivas cúpulas construidas en bambú.

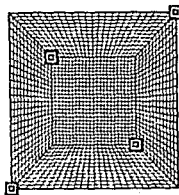


arquitectura hindú, y que han sido de gran influencia en la construcción de cúpulas en otros países tales como Rusia.

Los constructores chinos fueron los primeros en construir pórticos de bambú y en utilizar las vigas dobles a las que actualmente se denominan vierendeell. En Japón y en muchas partes del mundo el bambú se ha utilizado como elemento primordial, tanto en elementos portantes como de acabado, en sus arquitecturas tradicionales y modernas.

En la actualidad, con las investigaciones que se están realizando en distintos países es posible vislumbrar que en un futuro no muy lejano el bambú volverá a tomar su lugar como uno de los materiales primordiales en la construcción de verdaderas obras arquitectónicas en las que se emplee como material de estructuras novedosas o como un elemento de ornamentación, o en muros y elementos móviles que tendrán una amplia utilización junto con materiales nuevos como los polímeros y algunos metales que permitirán resultados asombrosos en las construcciones del futuro.11

En arquitectura, y a través de los tiempos, los bloques macizos, las superficies tensadas y las barras esbeltas, han constituido los elementos fundamentales de las construcciones. A las formas constructivas en las que el hombre se rodea de bloques macizos, las llamamos construcciones masivas o macizas. Las tiendas de campaña junto con las barras, los pilares, los cables y las vigas, constituyen lo que denominamos construcciones de entramado.

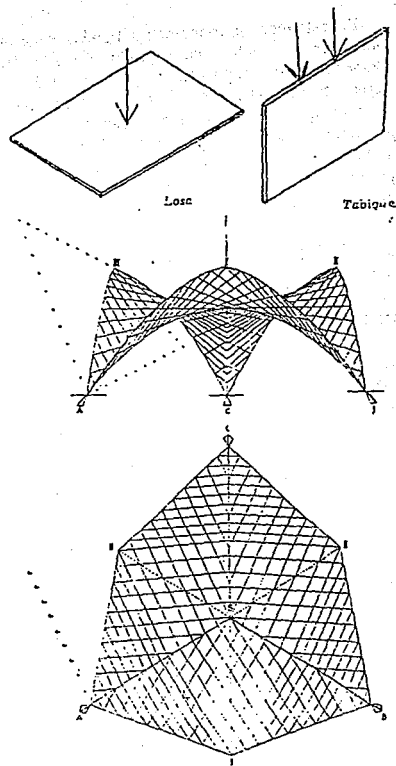


Entre las construcciones masivas y las de entramado se sitúan las formas constructivas cuyos elementos determinantes son superficies o "láminas" y que análogamente podemos designar como "construcciones laminares".

Ahora bien, si consideramos una bóveda de concreto armado de 6 cm de espesor y con un claro de 50 m, tal construcción no puede encuadrarse ni como obra masiva ni de entramado; es algo nuevo y es una "construcción laminar." En la Naturaleza encontramos este tipo de construcción en las más variadas formas: en panales de abejas, conchas de los caracoles, en los cuerpos de insectos, que como corazas no sólo los protegen sino que les dan una fortaleza increíble. También encontramos en los tallos de los cereales y en los cálices de las flores, ejemplos maravillosos de superficies laminares.

Hasta hace poco tiempo el hombre no disponía de materiales comparables al cascarón de los huevos, que le permitiera la ejecución de obras de acuerdo a los modelos de la propia naturaleza. Hoy contamos con el concreto armado, que supera en calidad a la cáscara calcárea del huevo. Tenemos laminados, placas y chapas de acero y de otros metales ligeros, así como también contamos con los materiales plásticos que recuerdan las características de las corazas de los insectos.

Gracias a los adelantos de la industria de la construcción, que en medida creciente ha conseguido dar esbeltez, estabilidad de volumen y rigidez a materiales orgánicos e inorgánicos, hemos logrado las construcciones laminares o los elementos superficiales, cáscaras y/o cascarones capaces de formar láminas resistentes a la flexión y al pandeo.



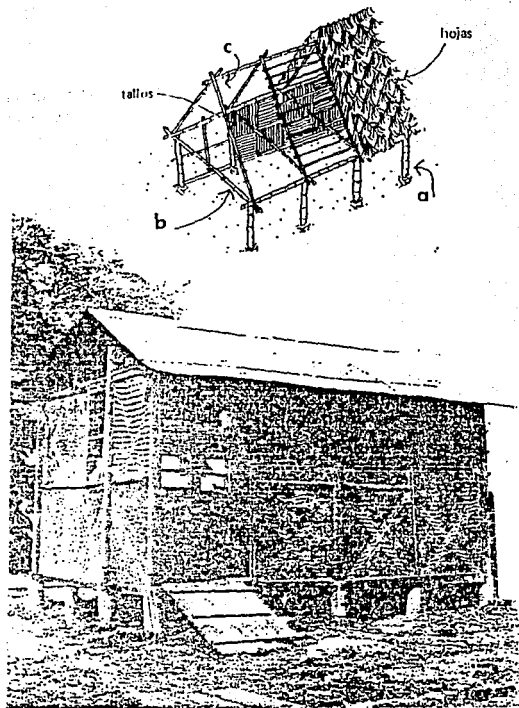
En esta tesis proponemos al bambú como un material que, junto con los antes mencionados, puede llegar a ser un elemento de superación y ampliación de sistemas constructivos más ligeros, de menor costo y de mayor facilidad de aplicación. Para lograr este avance, es necesario emplear los métodos precisos de cálculo estático, que en la actualidad, junto con el estudio de los estados de tensión bidimensionales y espaciales, nos permitirían el aprovechamiento de este material usado en forma limitada hasta ahora.

2.1.- CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE

Las fuerzas sísmicas que ha de soportar un edificio son proporcionales a su peso y son predominantemente horizontales. Cuanto más pesado sea el edificio más probable es que sufra daños durante un terremoto. Por consiguiente, en las regiones donde hay temblores de tierra se prefieren los materiales ligeros, como el bambú, con una elevada relación resistencia/peso.

"La experiencia en diferentes zonas sísmicas del mundo ha puesto de manifiesto que una casa construida de bambú, con ligaduras y fijaciones adecuadas de sus elementos, es sismo resistente. En este aspecto el bambú es algo superior a la madera. Tiene capacidad para absorber más energía, y admite una flexión mayor antes de que se produzca una ruptura.

Por consiguiente una estructura de bambú se adapta fácilmente a las vibraciones y torsiones del terreno durante un terremoto y no se rompe fácilmente.

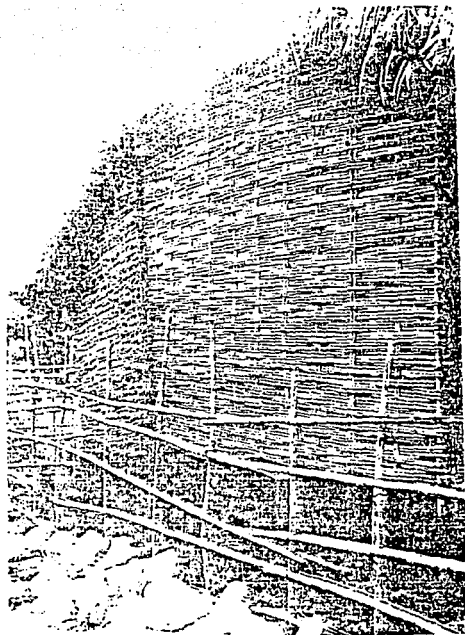


Incluso si llega a producirse el derrumbamiento, son pocas las pérdidas de vidas y materiales debido al escaso peso de la estructura.

El empleo del bambú como material específico para los sismos no ha tenido un desarrollo comparable al de la madera, el acero y el concreto. No obstante los principios aplicables a las estructuras de madera se pueden usar también en las de bambú. En estas últimas deberían adoptarse detalles de construcción en las juntas de los elementos de la estructura y en los paneles de los muros de modo que la estructura en su totalidad se comporte como una sola unidad frente a las fuerzas sísmicas.

En la india, la experiencia sugiere que ha de adoptarse una construcción de estructura cerrada con miembros horizontales de conexión para las columnas y/o pilares a nivel de los cimientos. Deberá dotarse a los muros y celosías de apuntalamientos horizontales que deberán quedar anclados adecuadamente a los largueros verticales y horizontales.

En Assam, las observaciones sobre el comportamiento de las estructuras armadas durante los terremotos han llevado a la conclusión de que la superestructura deberá estar soportada sobre cimientos de albañilería. las casas pequeñas de una sola planta de 50m², pueden descansar directamente sobre el terreno firme.



Pero en construcciones mayores, las columnas y pilares deberán quedar sujetos a los cimientos por medio de abrazaderas con tornillos y tuercas.

Son adecuados para las zonas sísmicas, por ser ligeros y flexibles, los tableros de bambú, los muros de bambú trenzado, con o sin revoque, y las celosías.

En Colombia la experiencia ha demostrado que la construcción con muros de bajareque resiste a los terremotos, y es más maciza que los muros de carrizo recubierto, pero menos que los de tierra apisonada o los de adobe.

Se recomienda que se emplee el bambú trenzado en los muros de barro para reforzarlos. Ya que los muros de carga de adobe o de barro ceden ante esfuerzos relativamente ligeros de tensión o flexión, y son los primeros en derrumbarse durante la vibración sísmica.

Los muros de mampostería de ladrillo ofrecen también escasa resistencia a las sacudidas sísmicas, especialmente cuando se usa un mortero débil, como el barro.

En las antiguas ciudades de Babilonia y Ur, se usaron al parecer tiras de bambú recubiertas de asfalto como refuerzo horizontal en los muros de ladrillo.

Actualmente se especifica el empleo de refuerzos verticales de acero en las esquinas y uniones de los muros de albañilería de ladrillo. También se recomiendan elementos de acero en las jambas de las puertas y como refuerzos del dintel.

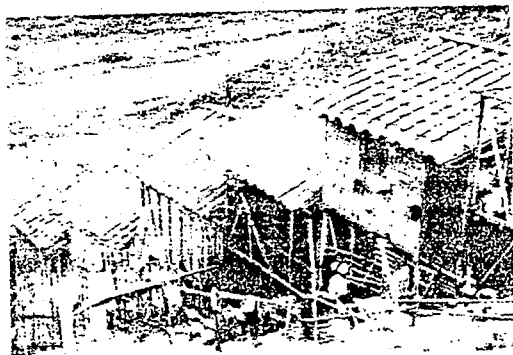
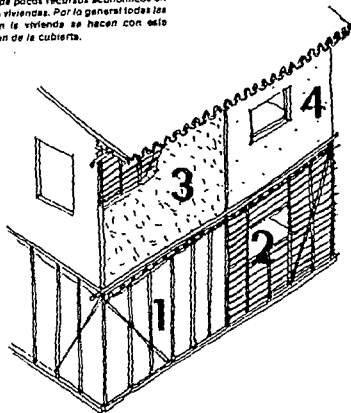


Figura 10. La guadua es el material más utilizado por los campesinos y gentes de pocos recursos económicos en la construcción de sus viviendas. Por lo general todas las partes que componen la vivienda se hacen con este material con excepción de la cubierta.



El empleo de tablillas de bambú en lugar de acero en esos puntos podría resultar beneficioso, especialmente en las casas de una sola planta. Los cielos rasos deberán quedar también sujetos rígidamente a la cubierta. En el cielo raso deberá evitarse la aplicación de yeso o revoque, o aplicarlo con un espesor mínimo.

Los materiales ligeros de cubierta son también ventajosos para reducir las fuerzas de inercia en lo alto del edificio. A este respecto dan resultados satisfactorios como techado las tejas de bambú, las tiras y la paja de bambú. 2/

2.1.1.-Elementos de la construcción laminar

A los elementos resistentes o portantes de la construcción laminar, los designamos como soportes laminares o láminas de carga, dándoles el nombre de barras a los elementos cuya longitud es una medida de orden superior, designándolos también como elementos lineales, siendo éstos los elementos característicos de la construcción de entramado.

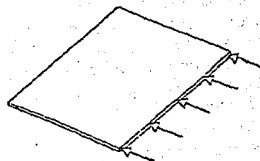
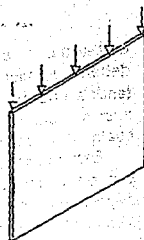
Análogamente, a los cuerpos con dos dimensiones predominantes (largo y ancho), los llamamos láminas, y constituyen el elemento primordial de la construcción laminar.

A los elementos constructivos cuya longitud, anchura y grosor guardan una relación similar, los denominamos bloques y son usados para formar la construcción masiva o maciza.

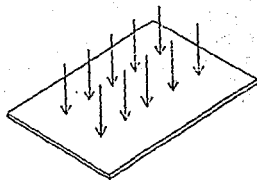
2.1.2.-Estructuras laminares

Las estructuras laminares incluyen a las de superficie continua, Por ejemplo cascarones, membranas, etc.; a las de superficie perforada o redes que están formadas por cables y/o celosías

La superficie media de la lámina se deforma por el esfuerzo



Una losa de suelo trabaja como lámina al soportar los empujes ocasionados por el viento.



La solicitación de losas produce la curvatura de la superficie media del elemento.

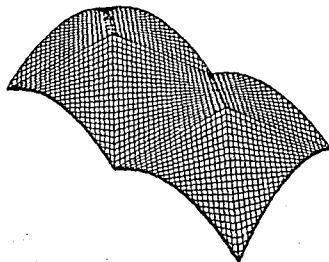
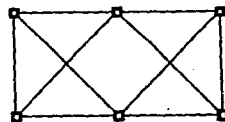
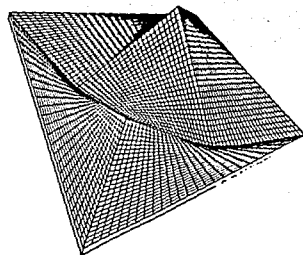
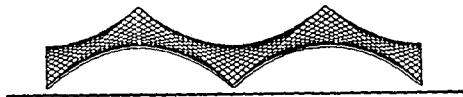
de barras. El material ideal para los elementos laminares debería permitir la obtención de cualquier forma de superficie: tendría que ser homogéneo e isotrópico, es decir, presentar el mismo comportamiento físico en todos los puntos y en cualquier dirección.

Este material ideal no existe. Nuestros materiales actuales son en el mejor de los casos casi isotrópicos; sin embargo, disponemos de materiales que permiten la formación de elementos laminares de carga.

Sabemos que los materiales naturales, por lo general, debido a los procesos de crecimiento (madera y bambú), o al fenómeno de sedimentación (las piedras), tienen tendencias direccionales y no son por lo tanto apropiados para construir con uno solo de ellos, elementos laminares.

Sin embargo, mediante los procesos apropiados se pueden por lo menos parcialmente, compensar esas tendencias usándolos adecuadamente en combinaciones o con sistemas lógicos de edificación.

A continuación se proponen y describen las posibles aplicaciones del bambú desde su uso en elementos sencillos de ayuda en la construcción (cimbras y obra falsa), hasta su utilización en elementos laminares complejos de los cuales damos una descripción somera, y que forman parte de una investigación posterior prevista para realizarse en los dos próximos años.



2.2.- ELEMENTOS SIMPLES

Como elementos simples elaborados con bambú y utilizados en arquitectura, entendemos a todas aquellas piezas que se fabrican ya sea con cañas completas o con tiras de bambú y que se emplean en etapas de la construcción como las cimbras, o en trabajos provisionales, o simplemente como parte de la protección o control de accesos, tales como cercados, puertas, muros divisorios, ventanas y protecciones verticales; los que tratamos someramente a continuación:

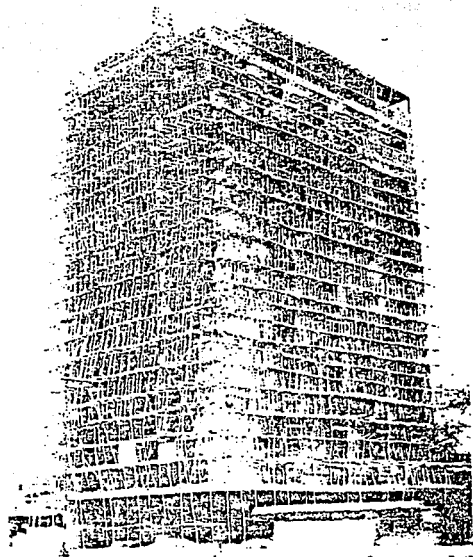
2.2.1.- ANDAMIAJE Y CIMBRAS DE BAMBÚ

Desde tiempos antiguos se han utilizado para el andamiaje cañas de bambú atadas entre sí. Se adaptan admirablemente para esa finalidad debido a su resistencia, elasticidad, peso ligero y forma.

El andamiaje de bambú se utiliza todavía profusamente en Asia, África y América Latina para facilitar las diversas operaciones de construcción, pintura y reparación, incluso en estructuras, de muchas plantas (véase fig.).

Con frecuencia también están hechas de tallos de bambú puestos unos junto a otros y atados a los miembros de sujeción, las plataformas en que los albañiles permanecen mientras trabajan y donde se guardan los materiales de construcción. Cuando no se utilizan dispositivos para subir materiales en la construcción de edificios, para el acarreo vertical de esos materiales se utilizan con frecuencia rampas hechas de bambú.

También se levantan andamiajes de bambú apoyados en las viviendas como sostén de los trezados de bambú, para protegerlos contra el sol y la lluvia durante el verano.



Andamiaje de bambú para un edificio de plantas múltiples

En Colombia y en otros países sudamericanos se emplea profusamente el bambú en la fabricación de elementos para cimbrar, usando cañas completas como pies derechos y haciendo tarimas con tiras de bambú. Estos elementos son muy resistentes y son fáciles de transportar y manejar por su poco peso, además son más baratos que los fabricados con madera o con otros materiales.

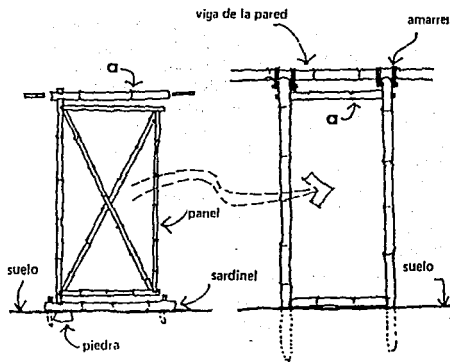
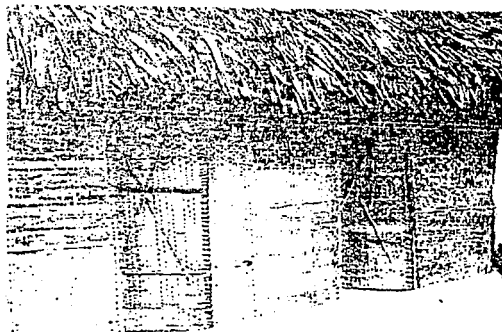
2.2.2.- PUERTAS Y VENTANAS

En las viviendas campesinas y en las urbanas de interés social se dejan el mínimo de los huecos de ventanas y puertas exteriores. Pueden tener marcos de bambú o madera.

"Las puertas propiamente dichas podrían ser de bambú trenzado o de madera (véase la fig.), tendido sobre marco de bambú, un panel de tableros de bambú acoplado en un marco de madera de frondosas o en forma de portillo fuerte construido con barras de bambú. Las puertas llevan goznes laterales y los cierres varían desde el tradicional cerrojo a la cerradura de cadena.

Si se proyectan huecos de ventana, pueden llevar marcos de bambú o madera. La mayor parte de las ventanas no tienen vidrios ni celosías. Pueden taparse con un marco de bambú o madera cubierto de tela de mosquitero, de bambú trenzado o de hojas de palma.

Habitualmente llevan los goznes en la parte superior; cuando permanecen abiertas -como lo están la mayor parte de las horas diurnas- sirven para impedir el paso de los rayos directos del sol o de la lluvia ligera.



Marco del panel

Marco de la puerta

Al hacerse de noche se cierra la casa para impedir que entre el "aire nocturno", que se considera en general como insalubre.

En realidad, cerrar las casas por las noches, tiene otro motivo más pegado a la realidad: impide la entrada de mosquitos, ratas, murciélagos y otros visitantes molestos. Con frecuencia se utilizan barras permanentes de bambú en las ventanas, que muchas veces se pintan de negro para simular barras de hierro y desalentar así a los posibles intrusos.³⁷

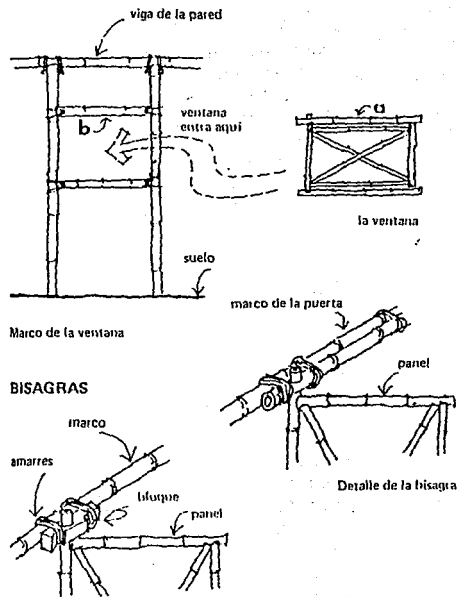
Otro empleo muy generalizado es la construcción de cercas y celosías de bambú, sobre todo en los países asiáticos en los que se encuentran ejemplos de verdaderas obras de arte al construir estos elementos que no sólo cumplen con su función de separación o protección vertical sino que tienen una apariencia estética sobresaliente.

También se emplean, sobre todo en Sudamérica, como cercados en los ranchos y haciendas para evitar el paso de animales o para proteger los sembradíos. Estas protecciones verticales son muy sencillas y fáciles de construir.

2.2.3.- TUBERÍAS Y CANALES

Los tallos de ciertos bambúes, eliminados los diafragmas, sirven admirablemente para la fabricación de tubos y canales.

"Los tallos de bambú divididos longitudinalmente en dos mitades pueden dar resultados muy satisfactorios como canalones. Cuando la lluvia es ligera y tiene que conservarse el agua, se utilizan para recogerla del techo y hacerla



Las ventanas se hacen de igual manera. Hay tres tipos de bisagras; el primero es igual al de la puerta - gira dentro del marco -. Otra forma es hacer las ventanas deslizantes o hacerlas colgantes. La pieza (a) se amarra a la parte (b) del marco de la ventana.

caer en un barril o sistema para su almacenamiento.

Cuando la lluvia es fuerte, se usan para transportar el agua desde el tejado hasta un punto distante, con el fin de evitar una humedad excesiva alrededor de la casa.

En ciertas circunstancias el agua del fregadero de la cocina se puede evacuar por medio de tuberías o canales de bambú.

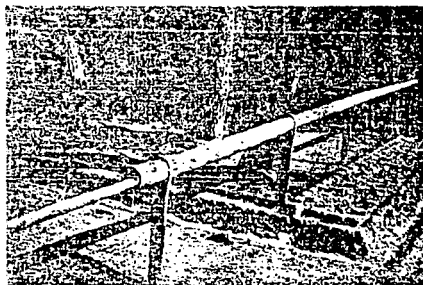
A este fin resulta más práctico un canal abierto inclinado que una tubería, porque es más fácil de preparar y si se atasca se limpia con mayor facilidad.

Los tallos de bambú divididos longitudinalmente en dos mitades y eliminados los diafragmas, constituyen conductos adecuados para transportar agua para uso doméstico desde la fuente de origen a las casas por la fuerza de la gravedad.

En Japón se construyen con bambú sistemas de tuberías cerradas para el agua, pero es muy difícil conseguir que las juntas sean herméticas. (véase fig.).

Podría efectuarse el drenaje subterráneo por medio de tuberías de bambú de construcción sencilla. Las fases para preparar el bambú con ese fin son:

- 1) Dividir los tallos a la mitad;
- 2) Eliminar los diafragmas de una de las mitades para formar la sección inferior de la tubería de drenaje;



Tubería de bambú para el agua en un Jardín Japonés

3) Cortar muescas en el borde de la otra mitad para permitir que el agua entre fácilmente;

4) Tratar ambas mitades con una substancia conservadora (5 a 10% de *pentaclorofenol* en aceite ligero);

5) Colocarlas unidas nuevamente en su forma de origen;

6) Atarlas con alambre.

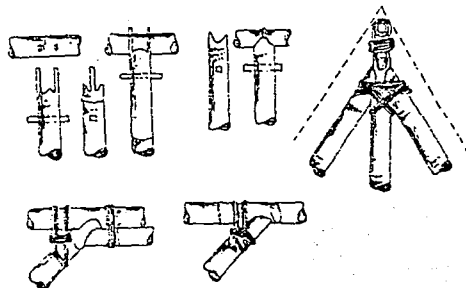
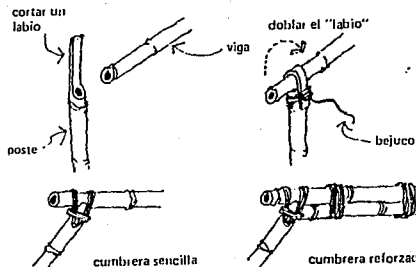
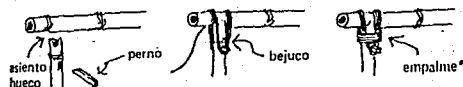
Esas tuberías de drenaje podrían prolongarse a cualquier extensión acoplando el extremo más estrecho de un tubo al extremo de la base del siguiente.

Para que resulten adecuados al fin descrito, los tallos de bambú deberán tener un diámetro suficientemente grande para la capacidad necesaria de conducción y las paredes deberán ser lo suficientemente gruesas para impedir que se rompan con el uso.⁴¹

2.2.4.- JUNTAS Y PIEZAS DE FIJACIÓN

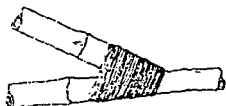
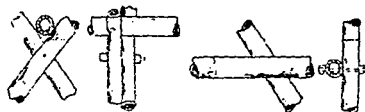
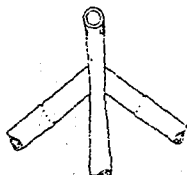
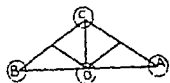
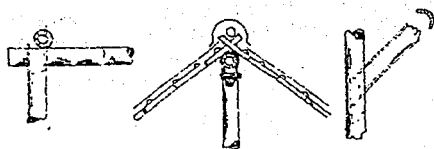
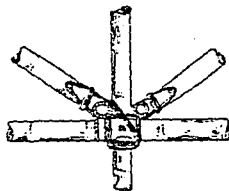
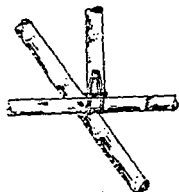
Las juntas entre los miembros de bambú son de importancia decisiva para el montaje de una estructura eficiente (véanse la fig.). Las juntas entre dos elementos horizontales son generalmente sencillas: un elemento horizontal descansa sobre el extremo superior de otro y se ligan ambos.

Cuando dos elementos horizontales han de estar al mismo nivel, se usa una junta a tope. La junta entre un miembro vertical y otro horizontal puede hacerse en forma de caballete, a tope o de asiento. en una junta en forma de caballete el

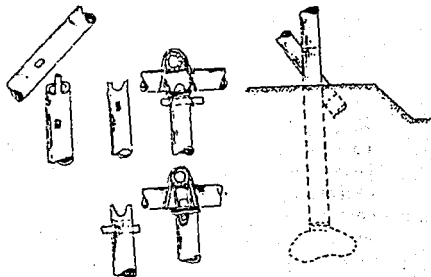


Juntas utilizadas en la construcción con bambú

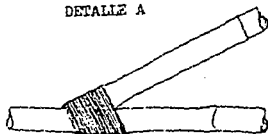
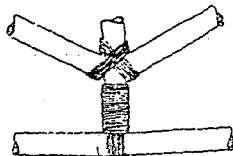
Juntas utilizadas en la construcción con bambú



DETALLE C

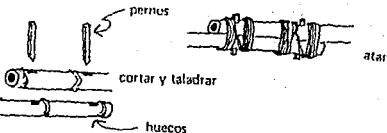
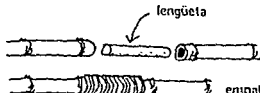
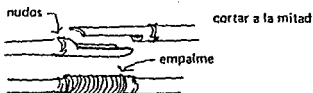


DETALLE A



DETALLE B

DETALLE D



elemento horizontal descansa sobre el extremo de un elemento vertical. Se da al extremo superior del elemento vertical la forma cóncava adecuada para que encaje el elemento horizontal y se atan ambos.

En una junta a tope, se da al extremo del elemento horizontal la forma adecuada para que encaje en el elemento vertical. Ambos miembros pueden atarse después.

A veces se deja una lengüeta en el extremo horizontal que se arrolla al elemento vertical y se hace volver al elemento horizontal. La lengüeta se ata luego al extremo horizontal de procedencia.

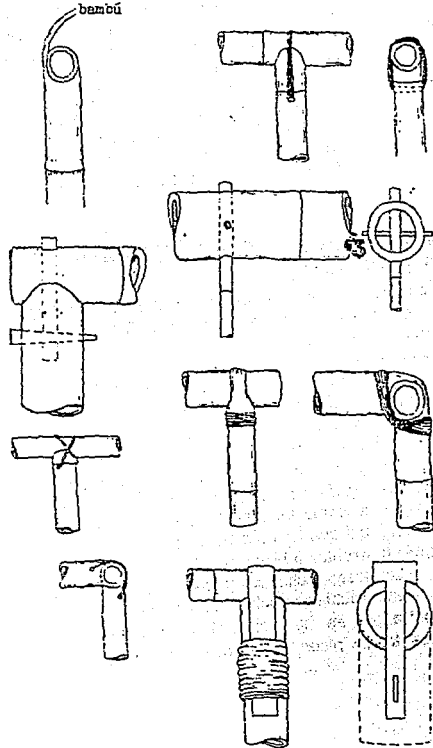
Si han de soportar cargas pesadas, se mantienen unidos ambos elementos con espiga y clavija de madera dura.

En la conexión de asiento se utiliza el saliente de un nudo o de un arco insertado para sostener el elemento horizontal. Se atan al elemento vertical tanto el taquete insertado como el elemento horizontal. Con frecuencia se horada un pequeño orificio en los elementos para hacer más fácil la ligadura.

Cuando se acopla un elemento horizontal de pequeño diámetro a un elemento vertical mayor, se horada un hueco en el elemento vertical para permitir que pase por él el elemento horizontal.

Se puede dar luego rigidez a la junta pasando una clavija de madera de frondosas por ambos elementos, en ángulo recto al elemento horizontal.

Juntas utilizadas en la construcción con bambú



Las ligaduras utilizadas para sujetar los elementos son comúnmente tiras de bambú. Las ligaduras son tiras delgadas retorcidas de 1 cm. de ancho y de 60 a 100 cm. de largo.

Cuando no resulta adecuado para ello el bambú disponible, se utilizan lianas fuertes, juncos, cortezas fibrosas, sogas de fibra de coco y alambre de hierro galvanizado. Con frecuencia las ligaduras duran más que la estructura (véase de las figuras

)-5/

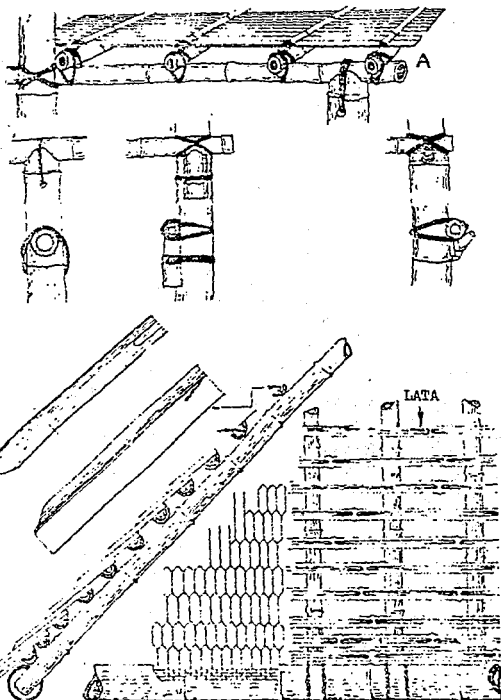
2.3.- ELEMENTOS EN SISTEMAS SENCILLOS RECTILINEOS.

Tenemos como elementos sencillos rectilíneos a los superficiales delgados cuya superficie media es plana. Pueden ser pisos, muros, traveses y losas o techumbres tradicionales.

Todos estos elementos pueden tener apariencias similares y solamente variarán los espesores y los armados o refuerzos que se empleen de acuerdo a los esfuerzos a los que estén sometidos.

También es posible que en determinadas ocasiones una losa desempeñe funciones de piso o de muro (una losa de suelo actúa como lámina al resistir el empuje horizontal del terreno, igual que una lámina vertical actúa como losa bajo el empuje horizontal del viento).

Las losas inclinadas y los muros sometidos a la acción del viento actúan muchas veces como vigas en voladizo empotradas en los cimientos, mientras que las losas horizontales y pisos suelen actuar como vigas apoyadas.



Construcción de una cubierta de bambú.

Cuando sufren alabeo las losas y muros pierden su forma plana y pueden llegar hasta el colapso, por lo que es necesario reforzarlas con nervios y éstos son los que proponemos construir con cables de bambú como refuerzo, llegando a veces a formar un entramado completo con estos cables.

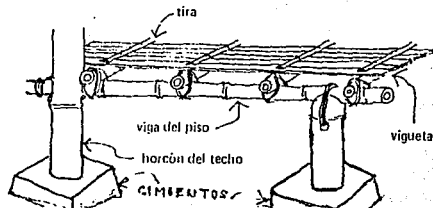
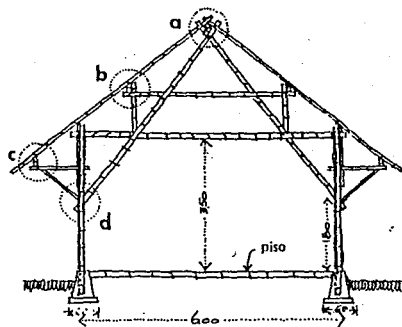
2.3.1.- CIMIENTOS

Los cimientos de bambú hincados en la tierra constituyen una característica común de las viviendas de bambú McClure escribe:

"En ambos hemisferios se pueden encontrar ejemplos de la utilización de pilotes de bambú en lugar de los cimientos de tipo corriente para viviendas económicas. Pero a menos que se les someta a tratamiento con alguna substancia fungicida, no se prevé que esos pilotes duren más de dos o tres años como promedio, o cinco años en las condiciones más desusadamente favorables.

Aunque no se dispone de datos experimentales, parece lógico prever que la duración de los tallos de bambú hincados en el terreno pueda prolongarse apreciablemente, aplicando *pentaclorofenol* en forma apropiada."

Hasta que se hayan conseguido tratamientos seguros y económicos para preservar el bambú sometido a frecuentes mojaduras o que se halla en contacto constante con la tierra húmeda, se considera que es mejor utilizar para los cimientos algún material más duradero que el bambú sin



tratar: por ejemplo concreto, piedra, ladrillo o alguna madera duradera de frondosas.

Cuando se utilizan como pilotes de soporte en las viviendas económicas, los tallos deberán tener un diámetro bastante grande, paredes gruesas y nudos (los puntos en que aparecen los diafragmas transversales) bastante juntos para alcanzar la máxima resistencia a la flexión.

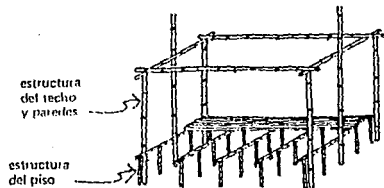
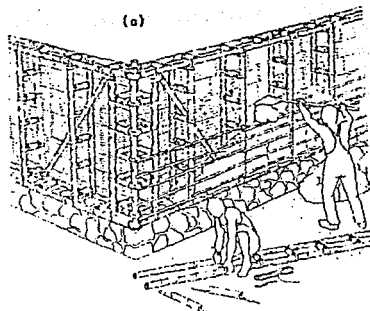
Allí donde no se dispone de bambúes grandes, podrían unirse bambúes más pequeños con características estructurales adecuadas para formar pilares compuestos." *et*

Como los pilotes de bambú en contacto directo con la tierra están expuestos a un rápido deterioro, sería útil investigar su protección con el empleo de una caja protectora de concreto tratado con impermeabilizantes y por otros medios.

2.3.2.- ESTRUCTURAS

"Después de los cimientos y de la cubierta, la estructura es la parte fundamental de una casa que frecuentemente se hace total o parcialmente con materiales distintos al bambú." En muchas regiones, los que pueden permitirse la diferencia de costo prefieren utilizar alguna madera duradera de frondosas para la estructura.

Lo hacen en parte porque con las maderas de frondosas se consiguen juntas más firmes y una construcción más rígida que con el bambú, en parte porque las maderas duras gozan en general de mayor prestigio, y en parte porque ciertas maderas de frondosas son por naturaleza más resistentes al ataque de los hongos y de los insectos xilófagos que el bambú no tratado.



Hay, sin embargo, ciertas circunstancias, en que la mayor elasticidad de una estructura de bambú le confiere importantes ventajas sobre una construcción rígida. En regiones en que ocurren frecuentemente fuertes temblores de tierra o terremotos, una casa con estructura de bambú podría sobrevivir y seguir prestando servicio durante más tiempo que la de cualquier otro tipo.

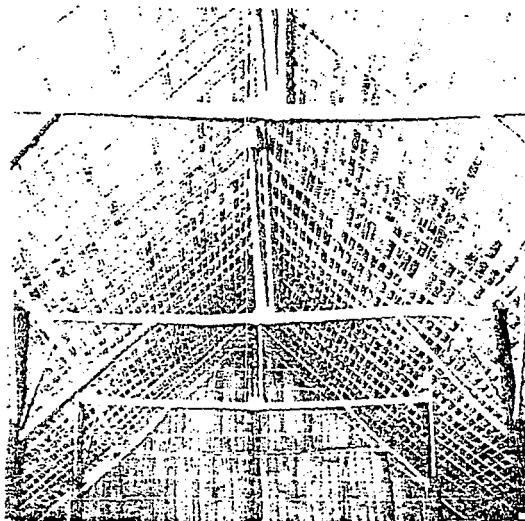
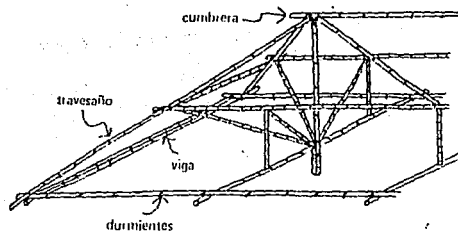
En la selección de materiales para los diversos tipos de elementos estructurales, las características del bambú deberán ser adecuadas a la función que han de cumplir. En las partes principales de una estructura de bambú sólo se utilizan tallos enteros.

Las dimensiones de los diversos elementos estructurales, así como su espaciamiento, están regidos por la naturaleza e importancia de la función que realizan. La rigidez y la resistencia límite son importantes en los elementos de la estructura.

Para conseguir diámetros regularmente uniformes y un espesor máximo de la pared leñosa (para rigidez y resistencia), se quita la parte alta de los tallos, adelgazada y con paredes relativamente finas.

Estas puntas podrían utilizarse en los paneles de carrizo revocado o para recubrir la techumbre, donde el escaso espaciamiento podría compensar las propiedades inferiores de unidades individuales.

Cada uno de los elementos que componen la estructura de una casa corriente construida enteramente de bambú corresponde casi por completo a los que se hallan en una estructura enteramente de madera: pilares angulares, vigas o armaduras, viguetas, montantes, puntales, tirantes de



armadura, largueros del entramado de cubierta, cumbreras, travesaños, recubrimientos, etc.

Pero el empleo del bambú impone ciertas limitaciones:

Al montar el bambú no se pueden utilizar ensambles de caja y espiga: cualquier corte, como una muesca o una ranura, reduce radicalmente la resistencia final del tallo del bambú. La única excepción la constituye la muesca o corte en forma de caballete que se emplea en la parte superior de los pilotes para acoplar con mayor seguridad los elementos horizontales que descansan sobre ellos.

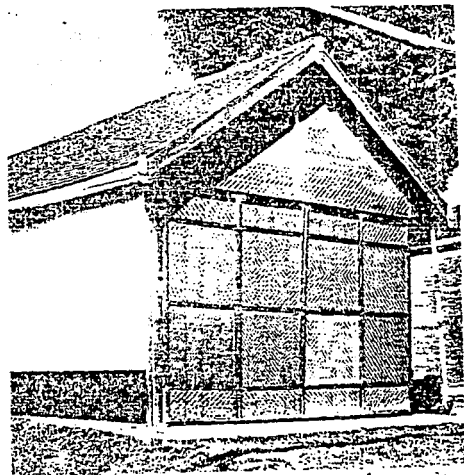
Con la excepción de ciertas especies de *Guadua* y de *Chusquea*, no se pueden insertar clavos en los tallos de la mayoría de los bambúes sin que se agrieten. Por ese motivo, los elementos que han de acoplarse se ligan por lo general en sus intersecciones.

En el Lejano Oriente, las franjas utilizadas para ello generalmente se cortan del mismo bambú y más raramente de junco o bejuco.

Cuando los bambúes disponibles proporcionan sólo tiras quebradizas, para esas ligaduras pueden utilizarse sarmientos fuertes o la corteza de ciertos árboles o arbustos. En algunas zonas se utiliza alambre de hierro suave, en su mayor parte galvanizado.

2.3.3.- PISOS

Muchas casas de bambú no tienen más piso que la superficie de la tierra en que se han construido. Esta superficie debe estar, y usualmente lo está, algo elevada con el aumento de más tierra, impidiendo la inundación por el agua de drenaje; puede compactarse apisonándola.



Estructura experimental con muros de bambú trenzado y un muro de bambú con revoco de barro (Instituto de Investigaciones Forestales, Behra Dun, India)

Es mucho mejor que al relleno sea de arcilla, porque la arcilla proporciona una superficie relativamente estable. La superficie de un piso de tierra apisonada puede hacerse más estable con un piso de tableros de bambú. Podría luego procederse a compactar los tableros con un apisonador de diseño adecuado, para conseguir un contacto profundo con la superficie del suelo, el cual quedaría compactado en la misma operación.

En casas mejores, el piso está más alto que el terreno. Este sistema es más higiénico y proporciona un espacio protegido bajo el piso, con muchos usos posibles.

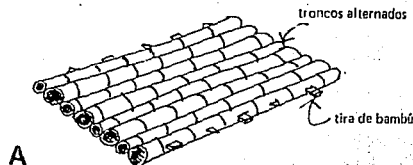
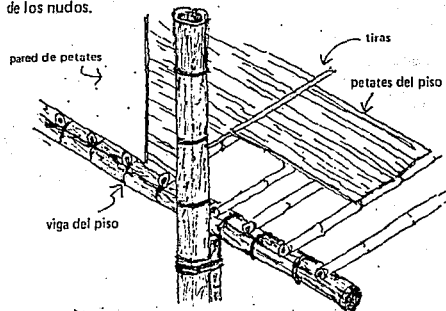
En algunas zonas este espacio se dedica a la cría de diversos animales domésticos, en otras, podría utilizarse para guardar herramientas y aperos de labranza, e incluso para los productos agrícolas. También en tiempo inclemente podría servir de refugio adecuado para que jueguen los niños.

Pueden construirse enteramente de bambú pisos útiles y atractivos, siempre que haya especies adecuadas y un diseño estructural adecuado. Las características principales en el diseño corriente son las vigas de carga (parte de la estructura básica) y el pavimento.

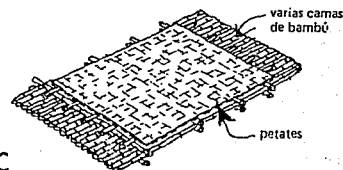
Los tallos de bambú tienen más flexión elástica que las maderas de tipo corriente, por lo que deberá reducirse proporcionalmente el espacio entre los elementos de sustentación. Las especificaciones de espaciamiento tienen que elaborarse localmente para cada una de las especies de bambú y los tamaños del tallo utilizado.

El pavimento podría hacerse con pequeños tallos enteros, tiras o tableros de bambú hechos por el procedimiento de abrir y aplanar los tallos enteros.

Los bambús que forman el piso elevado, deben ser visibles de afuera para ser controlados. Además se les tapa o se cortan cerca de los nudos.



A



C

Cuando el piso consiste en tableros de bambú, generalmente se sujetan con tiras delgadas de bambú sujetas a los elementos de sustentación con liritas de cuero, ligaduras o clavos pequeños.

2.3.4.- MUROS

La construcción de muros de bambú está sometida a variaciones infinitas, que dependen de la resistencia requerida (resistencia a las fuerzas de la naturaleza, como huracanes y terremotos), la protección conveniente contra la lluvia y los vientos ordinarios y la necesidad de iluminación y ventilación.

Pueden utilizarse tallos enteros o tallos longitudinalmente divididos y se pueden disponer en forma vertical u horizontal. Su rendimiento, sin embargo, es más eficaz cuando se colocan verticalmente y duran más, porque se secan más rápidamente después de la lluvia.

En esta tesis proponemos la utilización de "cajones" como muros, ya que tienen mayor estabilidad, son fáciles de construir y colocar, permiten soportar techumbres más pesadas y pueden proporcionar espacios para guardado que siempre son útiles en toda vivienda.

2.3.4.1.- Muros de bajareque.

Una forma de construcción de muros, que goza de amplio favor en América Latina se denomina bajareque. Se hacen entretejiendo o atando tiras de bambú o tallos delgados, horizontalmente y a cortos intervalos, a ambos lados de pilares de madera de frondosas o, más raramente, de bambú.

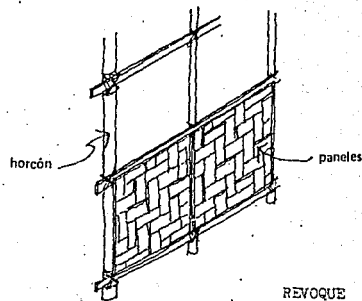
El espacio entre las tiras se rellena con barro solamente o con barro y piedras (fig.).



Finalmente una pared hecha con paneles de bambú:

Durante la operación, las tiras de bambú quedan cubiertas de modo más o menos completo de barro, pero transcurrido cierto período, la acción del tiempo los descubre de nuevo.

Esta forma de construcción es relativamente masiva, aunque no tanto como los muros hechos de piedra en forma corriente, de tierra apisonada o de adobe o de ladrillos.



2.3.4.2.- Muros de tableros de bambú.

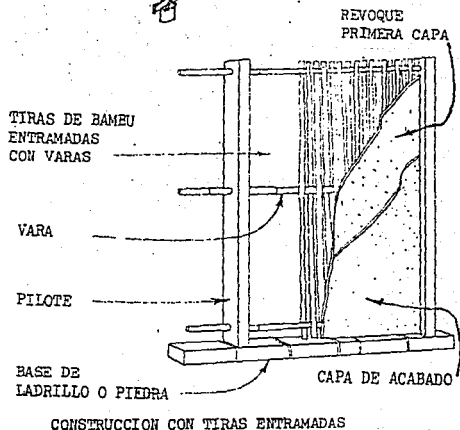
Un método corriente en la construcción de muros en Indonesia consiste en el empleo de tableros de bambú. Estos paneles se colocan verticalmente y se atan o clavan a miembros redondos horizontales, que a su vez se encajan en las ranuras practicadas en los pilotes verticales de bambú de la armadura. Para protegerlos contra la intemperie se les recubre con un trenzado reticular denso. Los muros exteriores llevan un revoque en uno o en ambos paramentos.

Se utilizan muros de tableros de bambú en el Ecuador, la India y otros países. Si estos tableros se tensan lateralmente al colocarlos, proporcionan una base adecuada para el revoque o estuco.

Para una mejor fijación del estuco, puede arrollarse alambre de púas a la superficie del tablero. Cuando se blanquean con cal o se recubren de cemento, el exterior resulta muy atractivo.

También se emplea en Indonesia para los muros un tablero de bambú enrejado. Se utiliza una trama abierta si ha de aplicarse revoque. Los tableros de trama más densa podrían ser enjabelgados, enyesados o cubiertos con una capa de asfalto salpicado de arena.

Una versión de rejado más fino se emplea en general sin pintura ni ningún otro acabado. En los muros exteriores, la cutícula dura exterior del bambú se coloca hacia fuera.



CONSTRUCCION CON TIRAS ENTRAMADAS

2.3.4.3.- Muros de carrizo.

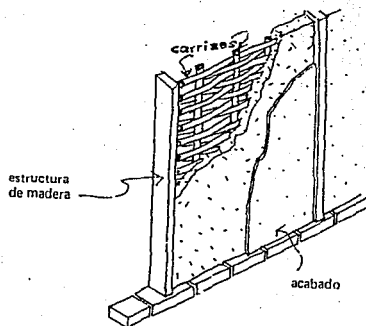
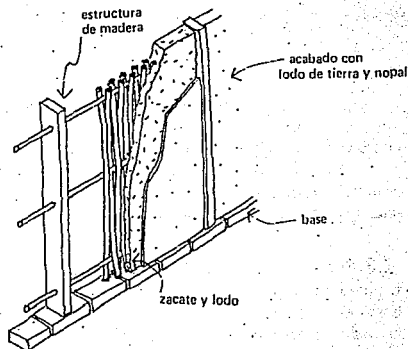
Hay muchas variedades en la construcción de muros de carrizo. Algunos de ellos se conocen con los nombres de carrizo revocado, zarzo, enrejado, etc. y de tiras (véase fig.). En el Perú y Chile la técnica se conoce con el nombre de quincha. En todas esas construcciones, se utiliza una trama de bambú o caña como base para la aplicación del revoque de barro que se aplica en un paramento o en ambos.

Frecuentemente para el revoque se utilizan mezclas de arcillas y fibras orgánicas o arcilla y estiércol. El revoque puede mezclarse con 16 litros por metro cúbico de una emulsión al 5% de dieldrina, como protección contra termitas. Cuando se utilizan como listones cañas grandes enteras o partidas por la mitad, se rellenan los intersticios con barro y se aplica el revoque después de que el barro se ha secado parcialmente.

En ocasiones, se efectúa un acabado del muro mediante la aplicación de un revoque de arena y cemento y agua de cal. Los listones horizontales se entretejen entre los postes principales y complementarios clavados en el suelo. Los listones verticales se trenzan con los miembros principales sujetos a los pilotes principales. El espaciamiento de los miembros estructurales varía según la especie y el diámetro del bambú que se utilice.

2.3.4.4.- Muros de tiras trenzadas.

Una técnica que se utiliza en las viviendas económicas de Indonesia es el muro de tiras trenzadas de bambú con revoque. Se utilizan generalmente tres tipos:



1.- Un trenzado fino de bambú se clava a ambos lados de una marco de madera con refuerzos en las esquinas.

2.- Un trenzado grueso de bambú se sujeta al marco de madera de bambú, y

3.- Se trenzan las tiras horizontalmente entre alambres tendidos verticalmente.

Se aplica luego un revoque en un paramento o en ambos (véase fig.) El revoque utilizado es estiércol, barro, arena, cal y cemento portland con fibras orgánicas o sin ellas. También se utilizan trenzados de bambú sujetos a marcos adecuados sin revoque alguno para las paredes ligeras y celosías (véase fig.). Esas paredes se suspenden en largueros en las galerías abiertas como protección contra el sol, viento y lluvia.

2.3.4.5.- Muros compactos.

Un muro sencillo, que se utiliza en muchos países asiáticos, consiste en tallos enteros o secciones de tallos de bambú colocados verticalmente unos junto a otros en un marco (véase fig.). Después se impermeabiliza el muro aplicando a ambos lados trenzados densos de tiras.

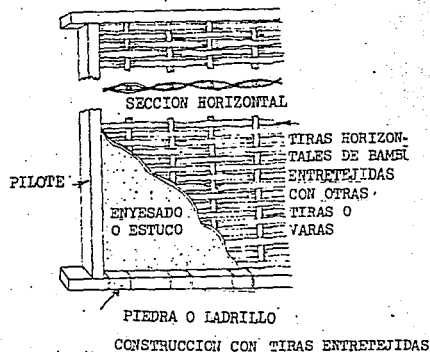
2.3.5.- TECHUMBRES TRADICIONALES

El bambú se utiliza corrientemente tanto para la armadura de la cubierta como para el techado.

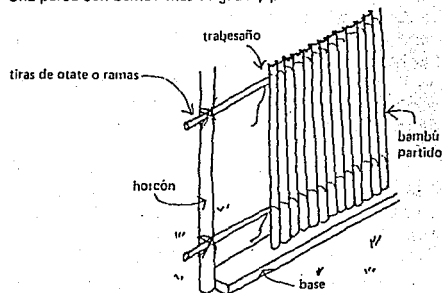
Cuando se utilizan tejas o paja y hojas para techado, la armadura sustentante es frecuentemente de bambú.

2.3.5.1.- Techado con tejas de bambú.

La forma más sencilla de recubrimiento consiste en tejas de bambú dividido longitudinalmente, desde el alero a la cumbrera



Una pared con bambú más delgado y partido:



Los bambús se parten en dos. Nunca se deben usar otates enteros, porque dará "habitación" a insectos.

(véase fig.). Se dividen longitudinalmente por la mitad, tallos de diámetro ancho, se elimina el diafragma y se desecan en lugar protegido.

La armadura consiste en tallos de bambú con un diámetro no inferior a 7cm. La primera capa se coloca con las tejas puestas unas junto a otras, con el lado cóncavo hacia arriba y se sujetan a los largueros. Luego se pone la segunda capa sobre la primera, con el lado convexo hacia arriba, encajándolas de modo que tengan una forma similar a las "tejas romanas" o de "allahabad".

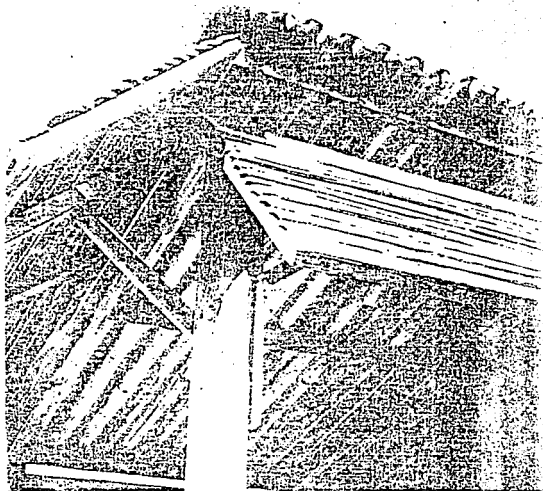
La pendiente mínima de la cubierta debe ser de 30°. Esta cubierta, a pesar de su sencillez, puede hacerse completamente impermeable.

2.3.5.2.- Techado de tiras de bambú.-

Las tiras de bambú se hacen con tallos maduros pero todavía verdes, de diámetro máximo. Las tiras se forman de segmentos de 3 a 4 cm. de ancho secados a la sombra. La longitud máxima es igual a la distancia entre los nudos.

En el exterior de las tiras se forma una hendidura inicial coincidiendo con el extremo del nudo y luego se fijan a listones de bambú hendido enganchando esta ranura inicial sobre ellos. (véase fig.).

La armadura de la cubierta se hace con tallos de un diámetro no inferior a 7 cm. y los listones y puntales o contraventeos, de bambú partido con una anchura no inferior a 4 cm. Los listones de tejas se espacian en unos 15 cm. de los largueros y para cubrir un metro cuadrado de techado se necesitan unas 200 tiras. La pendiente mínima deberá ser de 30°.



Cubierta de tejas de bambú de una cabaña en el
(Instituto de Investigaciones Forestales, Dehra Dun, India)

2.3.5.3.- Techos de paja o de hojas.

La paja y las hojas constituyen una de las formas más antiguas de recubrimiento de techumbre. En general, se prefieren las hojas de palma (véase fig.). No obstante, en zonas remotas forestales se utilizan para ello las propias hojas del bambú. Una armadura de bambú forma frecuentemente la base sobre la cual se colocan y sujetan las hojas de bambú o paja.

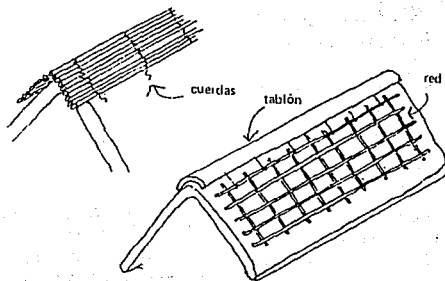
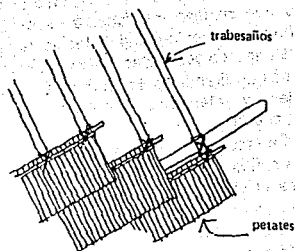
Esta armadura puede consistir en bambúes verticales de 40mm de diámetro colocados a una distancia de 30 cm. sobre los cuales se sujetan firmemente tiras de bambú en ángulo recto con una separación de 15 cm.

Aunque para la armadura son mejores los tallos rectos de bambú, también se utilizan travesaños y largueros de bambú que no sean enteramente rectos, ya sea individualmente o en su alineación, puesto que la paja se adapta a las irregularidades de la superficie. También se utilizan cuñas y correas de bambú para fijar el bálago a los canalones y caballetes.

2.3.5.4.- Techos de Cañas

Las cañas componen un techado más duradero que la paja y se sabe que un techo de caña bien colocado puede durar en Europa de 60 a 100 años, si se limpia cada siete años. Pero este intervalo difiere con el clima. La longitud de las cañas varía habitualmente de 1 a 3 metros.

Los vástagos más cortos se utilizan para las cubiertas circulares y para formar dibujos o decorados en el techo, tanto que las más largas, por ser más gruesas y menos flexibles, se emplean en la parte principal de la cubierta.



El método para fijar el material es el mismo que se emplea en los techos de paja. En este caso la distancia o separación en la que se fijan los listones es de 25 cm. en este caso, debido a la mayor longitud de los vástagos, las cañas se fijan a los listones colocándolas en posición adecuada, y poniendo después un tirante rígido en la parte alta, paralelamente a los listones y atándolas firmemente a éstos con cuerda alquitranada.

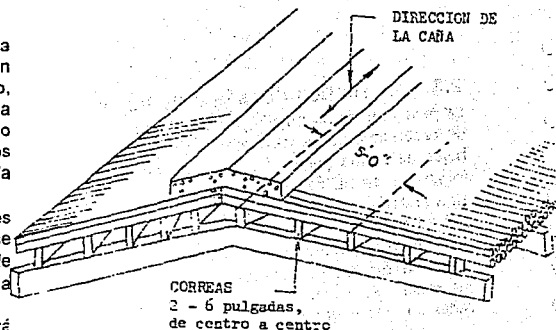
Se colocan los tirantes cerca de los extremos superiores de las cañas, con una separación aproximada de 55cm. Si se enyesa el cielo raso, la cuerda se amarra a los ganchos de hierro que se clavan en la madera en lugar de enrollarlas a los largueros, donde estorbarían.

El espesor de un nuevo techo varía de 25 a 35 cm. y está determinado por la inclinación de los largueros. El peso de este tipo de cubierta es de unos 40 kg./m² cuando las cañas forman una capa de 30 cm. de espesor y es aproximadamente el mismo que si fuera de paja.

2.3.5.5.- Techado con Tableros de Caña

Los tableros de caña son utilizados para cubrir la techumbre en forma similar a otros recubrimientos con planchas de otro material. Pero los tableros de caña están unidos a tope y el techo está impermeabilizado (véase la figura). Cuando las cañas están colocadas en ángulo recto respecto a la dirección del claro del elemento portante, el tablero tiene capacidad para resistir una carga considerable.

Por ejemplo, un tablero de 25 mm. con una correa de 75 cm. puede soportar una carga de 730 kg./m² sin flexionarse excesivamente. Para la colocación de un tablero de 1.5 metros de largo, la armadura de la cubierta se diseña en forma



Techo de tableros de caña, que muestra las distancias de hileras y correas en un tablero de 5 pies de ancho

clásica, pero con un espaciamiento entre los largueros o listones de 75 cm. de centro a centro.

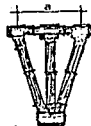
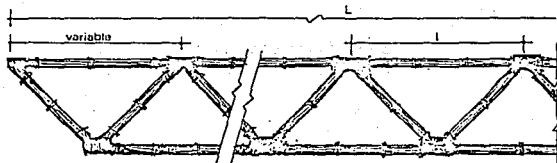
Los tableros de caña se colocan de modo que cada hoja queda apoyada por la mitad, en la dirección de las cañas, y en uno y otro extremo por un listón o larguero. Los tableros quedan unidos a tope y se fijan mediante ganchos de alambre a los largueros. Se cortan las aristas de las hojas del tablero de cañas y se colocan en dirección al claro, paralelamente a los listones. Los paneles de cumbrera adyacentes se pueden sujetar con alambre.

Se da a los tableros un recubrimiento de cemento y arena de 12 mm. de espesor antes de impermeabilizarlos con fieltro bituminoso. Este techado ofrece un excelente aislamiento contra el frío y el calor y es impermeable.

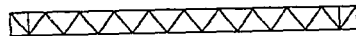
2.3.6.- ARMADURAS.

Las armaduras de bambú ofrecen buenas posibilidades para las cubiertas de estructuras mayores como escuelas, hospitales, almacenes y edificios comerciales. Además se utilizan como armaduras para puentes ligeros y andamios. Debido a su elevada relación resistencia/peso, las armaduras de bambú ofrecen importantes ventajas en los cuchillos de cubiertas. Pueden montarse en el terreno y se izan con facilidad para colocarlas en su lugar. Existen pocos trabajos publicados para describir el empleo de armaduras de esa clase.

"Una notable excepción es la serie de ensayos llevados a cabo con armaduras de cubierta de bambú en el Laboratorio de Desarrollo de Materiales para la Construcción, en Indonesia. La estructura



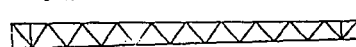
PARALELAS TERMINACION DIAGONAL



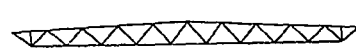
PARALELAS TERMINACION CUADRADA



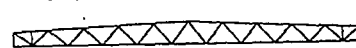
UNA PENDIENTE TERMINACION DIAGONAL



UNA PENDIENTE TERMINACION CUADRADA



DOS PENDIENTES TERMINACION DIAGONAL



DOS PENDIENTES TERMINACION CUADRADA

ensayada era una armadura de bambú con un claro de 6.0 metros y una altura de 3.0 metros.

El bambú utilizado (*Gigantochloa apus*) desarrollaba una resistencia a la tracción de 1.060 a 2.300 kg/cm², y tenía unos dos años. La estructura era de tipo pendolón y los miembros estaban sujetos utilizando pasadores de bambú y cuerda "indjuk", con un diámetro de 6.0 mm y una carga máxima unitaria a la tracción final de 1.000kg/cm². Se aplicó la carga a las tres juntas superiores por medio de dinamómetros de 1.000 kg de capacidad. La carga se aplicó en dos etapas: primero hasta la carga nominal y luego hasta la rotura.

Sobre la base de dichos ensayos, el autor del experimento llegó a las conclusiones siguientes:

1) la rotura se produjo al ceder las juntas debido a la escasa resistencia radial y no a un fallo de tracción o compresión;

2) las flexiones fueron considerablemente mayores que las correspondientes a los cálculos teóricos;

3) la existencia de nudos en las juntas aumentaba grandemente la resistencia de la armadura;

4) no se pudo considerar el factor de seguridad en relación con la carga límite de rotura porque se produjeron muchas fallas en los miembros antes de que se alcanzara la carga límite. 77

2.4.- ELEMENTOS EN SISTEMAS PLEGADOS

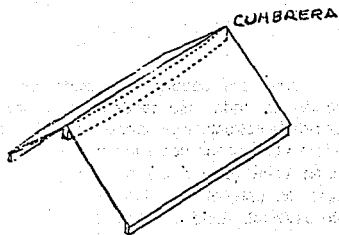
Las estructuras plegadas son superficies quebradas formadas por elementos que tienen capacidad de carga espacial. Pueden ser plegadas, prismáticas, piramidales y semiprismáticas. Les decimos prismáticas a las plegadas formadas por elementos rectangulares longitudinales atornelados por dos elementos transversales, también llamados tímpanos y que pueden ser substituidos por pórticos rígidos.

Llamamos semiprismáticas a las plegadas con forma intermedia, que nos son ni prismáticas ni piramidales. Podemos imaginárnoslas como plegadas piramidales truncadas o como plegadas prismáticas con frente en talud; pueden estar formadas con elementos rectangulares, triangulares, romboidales o trapezoidales. También es posible lograrlos con formas asimétricas cuyos elementos son cuadriláteros irregulares.

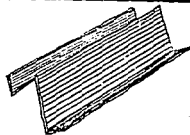
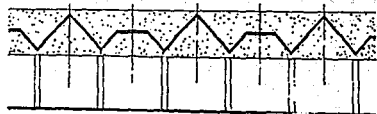
También podemos hacer elementos plegados curvados. Son aquéllos cuyas directrices están ordenadas según el eje longitudinal quebrado. Si en una arista concurren dos elementos decimos que se trata de una plegadura simple; si concurren más de dos elementos, decimos que es una plegadura múltiple.

2.4.1.- PLEGADAS PRISMÁTICAS

Muchas construcciones monolíticas actúan como plegadas prismáticas siendo el ejemplo más común las cubiertas a dos aguas con dos remates en los aleros y una viga de cumbrera; entre los remates ponemos dos losas.



Acción de la plegadura



FALLA DE ORIGEN

Si la cumbrera soportara la parte de carga que le corresponde de cada losa tendería a deformarse, pero lo monolítico de la estructura se opone a esta deformación y hace que las losas trabajando como láminas reciban las fuerzas de compresión axial (en su plano medio). al actuar varias plegaduras en conjunto pueden llegar a trabajar como un elemento espacial. Esto lo presentaremos con mayor detalle cuando veamos las estructuras tridimensionales construidas con bambú.

2.4.2.- PLEGADAS PIRAMIDALES

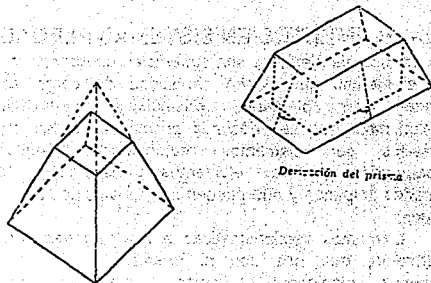
Son principalmente las cubiertas de tipo pabellón y los embudos o fondos de los silos. Los elementos que las componen son triangulares y pueden ir apoyados en 3 o 2 de sus bordes.

2.4.3.- PLEGADAS SEMIPRISMÁTICAS

Se obtienen de las piramidales cortándoles la punta y cerrando la sección con una losa cuadrada o rectangular (tronco de pirámide) y también se obtienen de una plegada prismática en la cual los tímpanos frontales reciben la inclinación, por lo que actúan como láminas en el plegado.

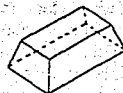
2.4.4.- MUROS

Con cualquiera de los tipos de plegadura antes descritos, podemos construir muros con bambú, pero dándoles mayor resistencia al hacer trabajar los pliegues como contrafuertes, con lo que se podrían hacer también muros más altos y que soportaran techumbres con claros mayores.



Derivación de la pirámide.

Derivación del prisma.



Plegadura semiprismática.

2.4.5.- TECHUMBRES

Lo mismo podíamos concluir para las techumbres, en el anexo No III presentamos el desarrollo completo de una techumbre de este tipo experimentada y construida en Colombia.

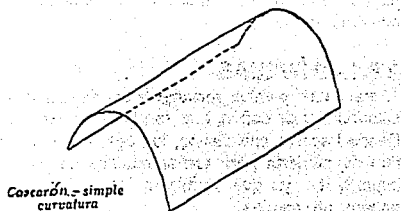
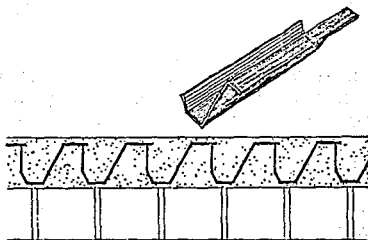
2.5.- ELEMENTOS EN SISTEMAS CON CURVATURA SENCILLA Y CON DOBLE CURVATURA.

Entendemos como elementos de sistemas con curvatura sencilla a las construcciones cuya superficie media es de curvatura simple o de doble curvatura. Decimos que una cubierta es de simple curvatura cuando una de las dos secciones normales a la principal es una curva, mientras que la otra es una recta y es la generatriz. Por ejemplo las bóvedas de cañón corrido, y los cañones cónicos.

Se dice que las cubiertas son de doble curvatura cuando sus dos secciones normales principales son curvas. La forma más sencilla de un elemento con doble curvatura es la esfera, en la cual todas las secciones son circunferencias y su aplicación más importante en la Arquitectura son las cúpulas o domos.

En las bóvedas en especial se sugiere el empleo del bambú como forma de cimbra perdida cortado a la mitad y reforzando el colado que puede ser del tipo ferro-cemento, con cables o mallas de cables que sustituyan al acero que se emplea actualmente en este tipo de construcciones.

En experimentos hechos con pequeñas maquetas, a escalas de 1:20 y 1:10, el mayor problema que se presentó fue el de la presencia de fisuras muy grandes que consideramos



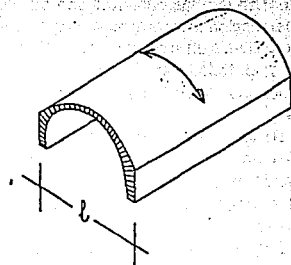
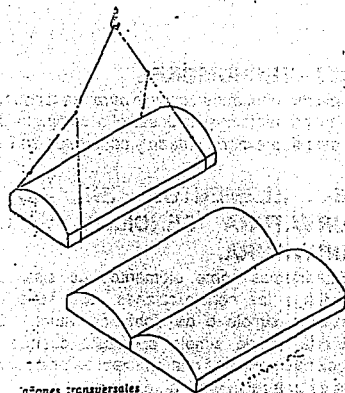
se presentaron por lo delgado de la capa del mortero empleado. Al hacerlas a escala natural y con los espesores adecuados esperamos que desaparezcan estas fisuras.

En la actualidad, con el desarrollo de las cubiertas construidas con materiales ligeros a base de acero o con productos poliméricos (plásticos), llegamos a las estructuras mínimas con las cuales podemos obtener superficies onduladas lineales, superficies onduladas en estrella, superficies en embudo, superficies con doble curvatura inversa, estructuras neumáticas con cables y con redes de cables, estructuras neumáticas con puntos centrales de anclaje y numerosas formas espaciales, estructuras para techos colgantes y para edificios suspendidos, mallas espaciales de cables, etc., hablamos de algunas de ellas con más detalle posteriormente, sobre todo de aquéllas en las que el bambú puede llegar a tener especial importancia en la manera de construir las.

2.5.1.- BÓVEDAS

Para cubrir plantas rectangulares, se emplean las bóvedas cilíndricas o de cañón, que son las más apropiadas a este fin. Desde hace mucho tiempo, los constructores han usado este tipo de cubierta para techar muchas de sus construcciones importantes, ya que permite salvar claros considerables sin apoyos intermedios.

En la antigüedad las bóvedas se hicieron con piedras y mamposterías muy pesadas, en la actualidad se logran techumbres más ligeras, con menor cantidad de material y más eficientes, como son los cascarones de concreto o las superficies cubiertas con láminas galvanizadas corrugadas en



La bóveda de cañón salva la luz entre los muros longitudinales de estribo.

forma de arco que se emplean en naves industriales o en centros comerciales y en mercados.

En los lugares en donde este tipo de materiales es de difícil adquisición, tales como son nuestras áreas rurales, es factible construir las bóvedas con materiales ligeros como lo es el bambú como lo mencionamos anteriormente pero teniendo cuidado en usarlo correctamente. Esto es como material de refuerzo en las zonas de tensiones, o como cimbra perdida en los lechos bajos de estas estructuras.

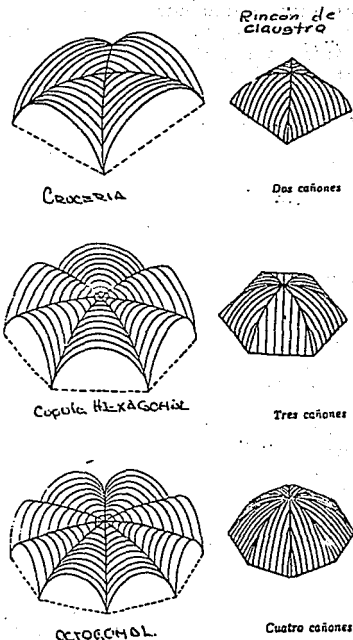
Dischinger fue el primero que descubrió que aprovechando la mitad de un tubo podría actuar como elemento de carga si se le da a las secciones extremas la rigidez necesaria. En las bóvedas las cargas son soportadas por una estructura que distribuye espacialmente los esfuerzos, la diferencia entre la bóveda de cañón y un cascarón de tracción o tensión cilíndrico es que la bóveda necesita apoyos en los bordes longitudinales mientras que el cascarón no los requiere.

Por lo anterior podemos concluir que es preferible de tratar de hacer las cubiertas como un cañón de cascarón tal como se muestra en el croquis adjunto.

Si combinamos los cañones de cascarón podemos obtener las formas de las "Bóvedas de Arista y de Rincón de Claustro" formadas por varios sectores cilíndricos, logrando según el número de cañones que se crucen cúpulas de crucería, hexagonales al cruzar tres cañones y octogonales si cruzamos cuatro cañones.

2.5.2.- CÚPULAS O DOMOS

A las Cúpulas en la actualidad las identificamos con los cascarones de revolución ya que se generan por la rotación de una línea curva al rededor de un eje. La aplicación principal



de los cascarones de revolución es la construcción de cúpulas, como ya se mencionó, es una de las formas más antiguas empleadas en la construcción.

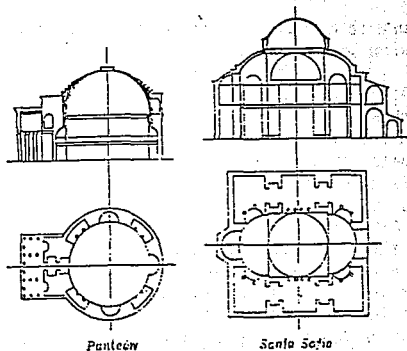
Mucho antes de la aplicación de los cascarones y de la construcción laminar, se construyeron cúpulas como la del Panteón de Agripa en Roma, que tiene más de 2000 años y con un claro de 44 m. ; en el Renacimiento se construyeron: la Cúpula de Sta. Ma. de las Flores, de Brunellesqui y la de Sn. Pedro, en Roma, construida por Miguel Ángel.

Estas cúpulas son construcciones macizas usando sillares de piedra y, por ejemplo, la Cúpula de Sn. Pedro, pesa alrededor de 10 000 toneladas. Para compararla con una de las primeras cúpulas de concreto armado, la que cubre la factoría de la casa Shott, tiene el mismo claro y su peso es de 330 toneladas, es decir, 1/30 parte de la de Sn. Pedro.

Ambas son construcciones macizas, pero al ir desarrollándose el concreto, podemos pasar al empleo de cúpulas nervadas haciendo que la construcción maciza se convierta en un esqueleto, y posteriormente, con las cúpulas de cascarón, transformamos las construcciones macizas en una construcción laminar.

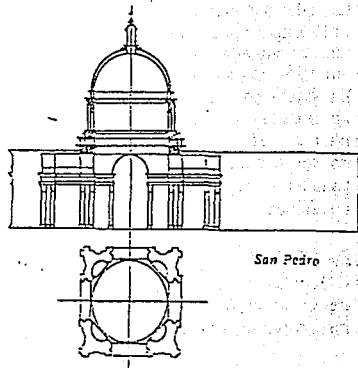
En las construcciones macizas se han empleado siempre sillares de piedra, mamposterías de ladrillos o combinaciones de ambos. Al aparecer en el siglo pasado el concreto armado, al usarse en la construcción, nos dio soluciones pétreas capaces de trabajar no sólo a la compresión, sino también a la tensión y a la torsión.

Su principal propiedad consiste en que puede formarse con elementos rectos tanto en su generatriz como en su directriz, por lo que es fácil de construir con una cimbra perdida de cañas de bambú partidas por la mitad longitudinalmente, y



Panteón

Santa Sofia



San Pedro

haciendo el refuerzo con cables de bambú en sustitución del armado de varillas de acero, siguiendo los principios de construcción que se emplean en las losas de la marca "Romsa", conocidas como "losacero".

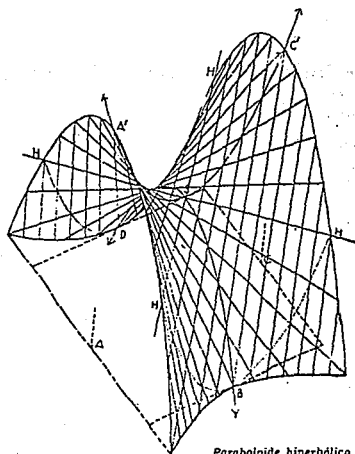
2.6.-ELEMENTOS EN SISTEMAS DE DOBLE CURVATURA INVERSA

Después de la segunda guerra mundial se hicieron muchas estructuras de doble curvatura inversa principalmente con madera. Ya que estas estructuras son superficies regladas, esto se debe a que se generan por líneas rectas, lo que da resultados constructivos muy importantes.

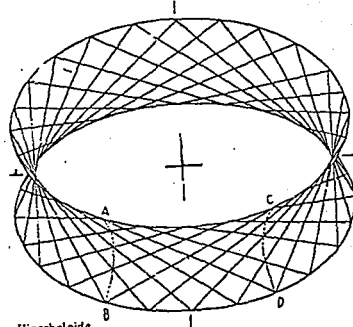
La mayor ventaja que tienen las regladas es que pueden obtenerse superficies curvas con vigas rectas y obtener al mismo tiempo bordes rectos o curvos si así se desea, dependiendo de que tipo de reglada se construya, esto es si se trata de conoides o de paraboloides hiperbólicos o de hiperboloides de un manío.

En esta tesis sostemos que es factible construir estas estructuras con bambú, ya sea como cubiertas fabricadas con tallos completos a los que puede recubrirse con elementos poliméricos o con secciones empleadas como cimbras perdidas, a las que se les puede colar una capa de mortero o Bambú-cemento usando como armado de refuerzo cables de bambú.

En lo personal al experimentar con modelos a escalas pequeñas hemos podido apreciar que se pueden lograr resultados satisfactorios, hace falta llevar estas experiencias a escalas mayores de ser posible 1:1 o natural, para cargarlas y comprobar su comportamiento real ante diferentes solicitudes de trabajo. A continuación se hace un pequeño comentario de la forma en que se pueden emplear estas estructuras



Paraboloides hiperbólico



Hiperboloides de revolución de una hoja

2.6.1.- PARABOLOIDES HIPERBÓLICOS

Puede cubrirse una planta cuadrada o rectangular con paraboloides hiperbólicos, empleando éstos de muchas maneras, podemos colocar las alturas de los vértices del cuadrilátero alabeado de tal manera que la cubra un sólo paraboloides hiperbólico sostenido por dos bases que forman parte de dos vértices. También pueden colocarse mediante un giro de los paraboloides para que resulten tres de sus vértices a la misma altura.

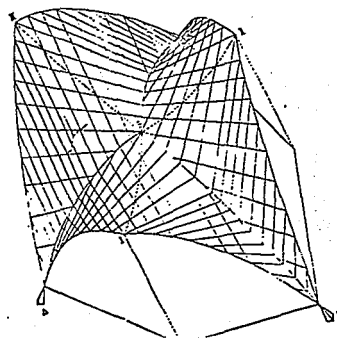
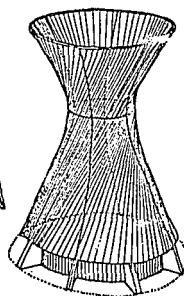
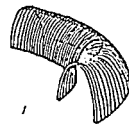
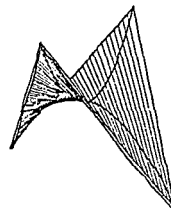
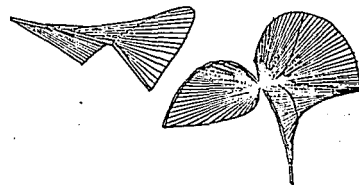
También podemos lograr combinaciones de 4 cuadriláteros iguales cubiertos por paraboloides hiperbólicos con distintas inclinaciones; las secciones diagonales de cada cuadrilátero producen las correspondientes parábolas.

Los paraboloides hiperbólicos pueden construirse no sólo en plantas cuadradas sino también sobre plantas rómbicas, en plantas poligonales y en plantas estrelladas, dependiendo esto de la forma en que se combinen los paraboloides y se sitúen sus apoyos en los lugares que el arquitecto considere convenientes. El desarrollo constructivo de los cascarones formados con paraboloides hiperbólicos es principalmente geométrico.

2.6.2.- HIPERBOLOIDES

El hiperboloide de revolución de un manto está generado por la rotación de una hipérbola alrededor de un eje que la cruce y, siendo una superficie reglada, en cualquier punto de la misma, puede trazarse con dos rectas contenidas en su superficie.

Se usan en la actualidad como piezas prefabricadas, que pueden construirse incluso para claros grandes, sin refuerzos en los bordes, y debido a sus propiedades geométricas, son indicadas para la construcción con concreto pretensado.



FALTA PAGINA

148 a la.....

Dependiendo esto de la forma en que se combinen los paraboloides y se sitúen sus apoyos en los lugares que el arquitecto considere convenientes.

El desarrollo constructivo de los cascarones formados con paraboloides hiperbólicos es principalmente geométrico.

2.6.2.- HIPERBOLOIDES

El hiperboloide de revolución de un manto está generado por la rotación de una hipérbola alrededor de un eje que la cruce y, siendo una superficie reglada, en cualquier punto de la misma, puede trazarse con dos rectas contenidas en su superficie.

Se usan en la actualidad como piezas prefabricadas, que pueden construirse incluso para claros grandes, sin refuerzos en los bordes, y debido a sus propiedades geométricas, son indicadas para la construcción con concreto pretensado.

Estos elementos pretensados pueden ser fabricados con cables de bambú y pueden tener cinturones de tensión reforzados también con cables de bambú. los elementos rectos se pueden construir con cañas enteras, con mitades de cañas o con tiras de bambú entretejidas.

2.6.3.- CASCARONES PARA CUBIERTAS SHED

A la superficie generada por una recta que manteniéndose siempre paralela a determinado plano se desliza a lo largo de dos líneas directrices: una recta y otra curva, la llamamos "conoide". Para cubrir naves de gran superficie que requieren abundante asoleamiento o ventilación natural, se desarrollaron los cascarones en dientes de sierra, como variantes de las bóvedas de cascarón.

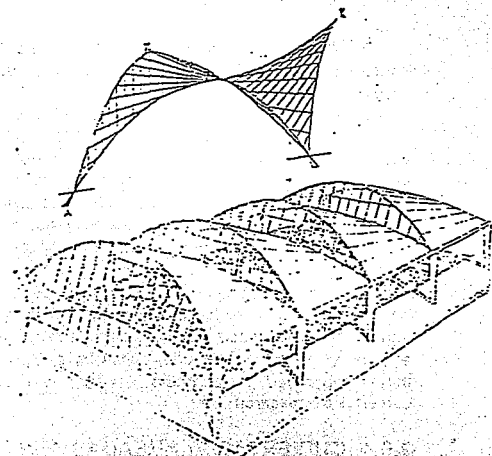
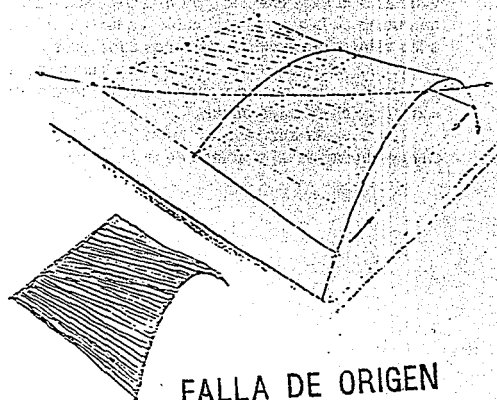


Fig. 2.61. cascarones y cubiertas "Shed".



En México y en otros países latinos es frecuente la construcción de los cascarones conoides a los que llamamos "cubiertas Shed".

Al hacer las secciones de varios conoides podemos lograr los espacios para las vidrieras verticales. Si se forma la cubierta con conoides truncados, se pueden obtener vidrieras con forma de media luna, tal y como se ve en los croquis anexos. Estas cubiertas pueden ser construidas como se describió anteriormente, con bambú como refuerzo.

Debido a las características geométricas de estos cascarones, su estabilidad requiere de especial cuidado, teniendo en cuenta que, cuanto mayor sea el claro del cascarón y menor su curvatura, mayor será el peligro de pandeo. puede aumentarse considerablemente la resistencia al pandeo al construir nervios, costillas o fajas que le den mayor seguridad al pequeño espesor resultante en las cubiertas de cascarón.

2.6.4.-CUBIERTAS ALABEADAS SENCILLAS

Gracias a la experimentación y a la dedicación que Frei Otto ha puesto en la solución de cubiertas laminares, y sobre todo a las estructuras mínimas, podemos construir en la actualidad en forma económica las estructuras laminares alabeadas pretensadas, las cuales dependen fundamentalmente de la configuración de su perímetro.

La cubierta alabeada de forma más sencilla, es aquella cuyo perímetro es un cuadrado de lados no coplanarios.

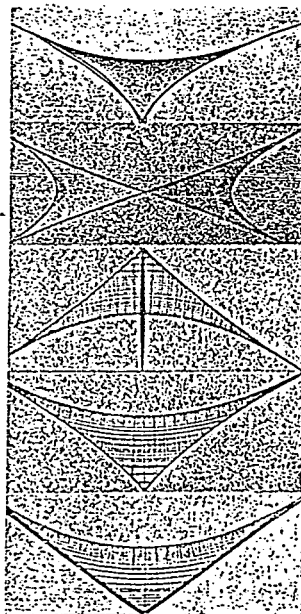


Fig. 2.52. Cubiertas alabeadas.



Las cubiertas alabeadas simples no son las más adecuadas para usarse en naves de grandes claros, esto se debe a que la curvatura necesaria de estas estructuras requiere de una gran altura para conformarla.

Por lo que se deben emplear superficies alabeadas cuyos puntos tengan una altura lo más uniforme posible. Estas cubiertas podrían ser construidas con pequeñas redes de bambú tensadas con cables y recubiertas con esterillas tejidas con tiras del mismo material.

2.6.5.- SUPERFICIES ONDULADAS

Las membranas y redes de cables onduladas se diferencian de las cubiertas alabeadas simples porque la curvatura y el pretensado de las mismas se consigue traccionando los cables, haces de cables o hilos de la membrana en dos sentidos contrarios aunque en dirección paralela. Se clasifican en: acentuadas y suaves.

Acentuadas: Estas cubiertas son superficies alabeadas limitadas por cables curvados en sentido contrario, denominados cables de soporte.

Suaves: Las superficies onduladas suaves están curvadas uniformemente y su sección, , continuamente ondulada. Este tipo de superficie se construye con haces de cables o con membranas continuas.

2.6.6.-CUBIERTAS ALABEADAS CON ARCO

Tanto las membranas como las redes de cables de acero pueden apoyarse en arcos que trabajarán a compresión, siempre que las mismas superficies muestren dichas áreas.

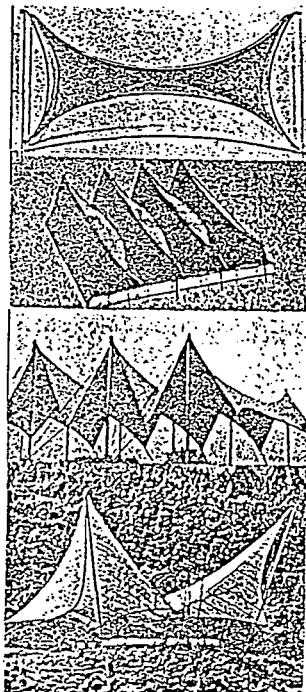


Fig. 2.63. Superficies onduladas.

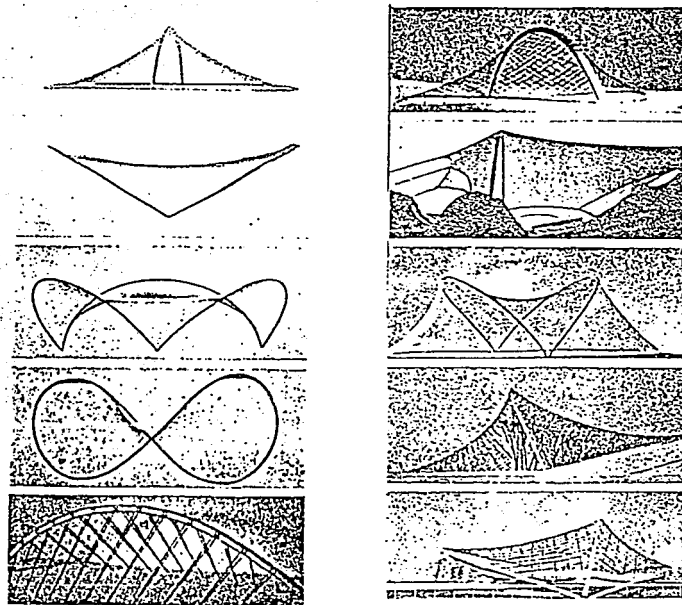


Fig. 264. Cubierta alabeada, con arco.

PAGINAS DUPLICADAS

151 LA__

Al ser menor la longitud de la estructura necesaria para un arco que la requerida por un sistema de cables de soporte o redes de cables con anclajes laterales y mástiles para cubrir una misma superficie, puede ser más ventajoso emplear el sistema de arcos, aunque presenta problemas de pandeo como apoyo de superficies laminares traccionadas.

2.6.7.- SUPERFICIES APUNALADAS.

Para la solución de muchos problemas constructivos es suficiente aplicar cubiertas de claros relativamente pequeños con apoyos interiores. Estas fijaciones o apoyos puntuales (anclajes o puntos suspendidos) de membranas de poco espesor, presentan diversas dificultades, ya que las tensiones en la zona de los puntos de apoyo aumentan de las dimensiones de las superficies de apoyo y de altura de deformación.

2.7.- ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES

Llamamos "Estructuras Tridimensionales" o "Espaciales", a las que trabajan en tres direcciones, tomando como base el triángulo.

Una de sus características principales es que pueden construirse a partir de elementos simples prefabricados a gran escala. Su simplicidad geométrica presenta un atractivo visual y, debido a su rigidez, resisten fuertes cargas ya sean concentradas o asimétricas.

Sus elementos suelen ser cortos, sólidos y rectos, es decir, son piezas lineales, y sus componentes estructurales debido a su reducida sección en relación a su longitud,

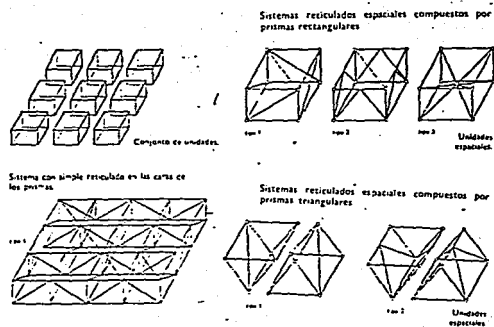
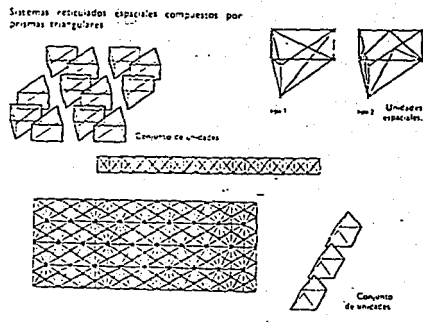


Fig. 2.65. Sistemas reticulados espaciales.



FALLA DE ORIGEN

transmiten solamente esfuerzos en el sentido de ésta; es decir, esfuerzos normales de tensión y/o compresión. Esto quiere decir que las piezas pueden ser comprimidas o tensadas.

Se ensamblan triangularmente formando una composición estable y completa en sí misma, que si se sustenta convenientemente, es capaz de recibir cargas asimétricas y variables, transmitiéndolas a los extremos. Las características de estos sistemas estructurales a los que Henrich Hengels denomina "Sistemas Estructurales de Vector Activo" son las que a continuación mencionamos:

a) La disposición triangular de las piezas rectas en la que la descomposición de las fuerzas puede llevarse a cabo también en superficies curvas o en espacios tridimensionales.

b) La combinación de vigas de celosía dispuestas según dos sistemas de planos conduce al emparrillado espacial o "sistema reticulado de tres dimensiones (estructuras de doble capa)".

El conocimiento de la geometría del espacio, de la sistemática de los poliedros y de las leyes de la trigonometría son requisitos previos para la utilización adecuada de las múltiples posibilidades del desarrollo de los emparrillados espaciales.

A causa del tratamiento puramente técnico de estas estructuras espaciales, hasta el presente, su potencial estético no ha sido explotado completamente.

En esta tesis proponemos la utilización de estructuras espaciales construidas con bambú, ya que en la actualidad se ha comprobado su eficiencia en experimentos realizados en el Brasil (de esto se trata más ampliamente en el anexo No. V).

Sistemas reticulados basados en la pirámide hexagonal

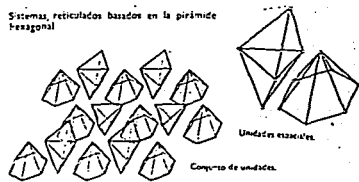
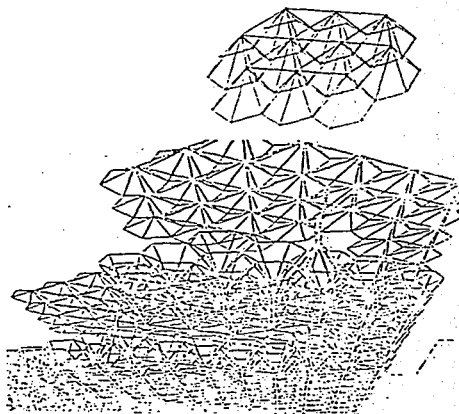


Fig. 2.66. Sistemas espaciales con base hexagonal.



Siendo necesario llevar a cabo experimentos con bambúes nacionales en los que se apliquen soluciones novedosas en los nudos y elementos de fijación. En la experiencia brasileña antes mencionada se usaron uniones de concreto de forma cuadrangular y con bambúes que tienen diámetros de 4 a 5 cm.

Es también posible llevar a cabo trabajos de laboratorio en los que se empleen secciones tubulares metálicas o de polímeros que puedan sujetarse a las barras de bambú ya sea a través de la utilización de pegamentos epóxicos o sujetándolos con pernos y tuercas.

Los sistemas reticulados espaciales pueden estar compuestos por prismas rectangulares a los que simplemente se les agregan barras diagonales formando triangulaciones tal como se muestra en los diagramas anexos. También pueden lograrse al emplear prismas triangulares a los que pueden agregarse barras diagonales aumentando su triangulación.

También podemos lograr sistemas reticulados basados en pirámides cuadrangulares y hexagonales.

Los dos sistemas más empleados son: a) Los de Medio octaedros y tetraedros y b) Los de octaedros y tetraedros. los que son tratados con más detalle a continuación:

2.7.1.- ESTRUCTURAS MEDIO-OCTATETRAS

Este sistema reticular espacial está compuesto por tetraedros y medios octaedros. Con estas unidades espaciales, podemos formar dos retículas iguales en las que los vértices de las pirámides forman parte de una de las dos capas y las cuatro barras de la base forman parte constitutiva de la otra capa reticular.

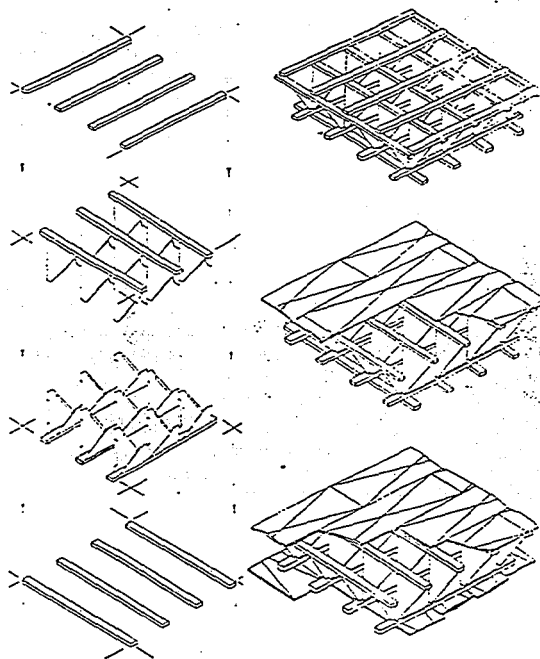


Fig. 2.67. Sistema espacial con base hexagonal, "Tetragrid" con "play bambú".

Con esta conformación se puede lograr que la capa que trabaja a compresión pueda construirse con morteros (aligerados si se requieren así) o con concretos normales tal como los emplea el Ing. Eberto Castillo en sus tridilosas. En cambio la capa o retícula que trabaja a la tensión puede ser construida con cables de bambú adecuadamente tensados y rigidizados.

2.7.2.- ESTRUCTURAS OCTATETRAS

Este sistema espacial está compuesto por octaedros y tetredros, con los que formamos una estructura de dos capas, que tienen como proyección horizontal exagonos triangulados.

Estas estructuras no han sido experimentalmente construidas con bambú, pues se requieren estudiar y desarrollar elementos de unión que sean fáciles de construir y permitan un rápido montaje.

2.8.- ESTRUCTURAS TENSEGRITY

Las estructuras Tensegrity se componen de elementos trabajando en tensión que forman un subsistema continuo y por elementos trabajando en compresión que forman un subsistema discontinuo.

Las Tensegrity son sistemas estructurales, que para estabilizar sus cargas, necesitan de un pretensado adecuado.

"El concepto "Tensegrity" fue conformado por Richard Buckminster Fuller con las palabras "Tensión" e "integrity".

Podemos clasificar a las tensegrity en sistemas abiertos y cerrados, siendo los primeros aquellos

Sistemas reticulados espaciales compuestos por tetraedros y semi octaedros

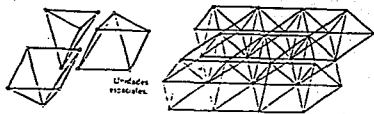


Fig. 2.68. Sistemas "Medio-octaedra" y "Octatetra".

Sistemas reticulados espaciales compuestos por tetraedros y octaedros

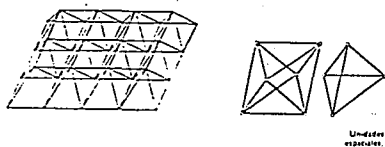


Fig. 2.69. Estructuras "Tensegrity".



Cúpula tensegrity de bambú, Calcuta, 1961. Estudio para un refugio barato aprovechando materiales y facilidades locales.

que requieren de elementos o estructuras secundarios, para mantener su pretensado y es necesario continuar el subsistema de tensión hasta los elementos de borde. Son sistemas cerrados en los que su estructura es estable por si misma, independientemente de sus apoyos.

La característica del sistema cerrado es que las barras discontinuas en compresión se traslapan en cualquier proyección. Si un sistema llena la condición del traslape de barras, es en potencia un sistema cerrado. Lo que significa que, en caso de que no sea estable por si mismo, puede llegar a estabilizarse con elementos adicionales en tensión y entonces convertirse en un sistema cerrado.

Por lo tanto podemos denominar como sistema abierto, aquel que no se pueda cerrar con elementos adicionales en tensión.

Otra característica estructural de los sistemas tensegrity que nos sirve para diferenciarlos, es la situación de los elementos en compresión: si dos o más elementos en compresión, de una unidad tensegrity, están situados en un plano, hablamos entonces de sistemas de primer orden.

La situación de los elementos en compresión se denominará "situación normal". Denominamos como unidad tensegrity al subsistema más pequeño de una estructura tensegrity, el cual no se puede subdividir en unidades estructurales iguales, más pequeñas.



Fig. 2.70. Fuller, con módulos de estructuras, en el Colegio de Blact Mountain. 1947.

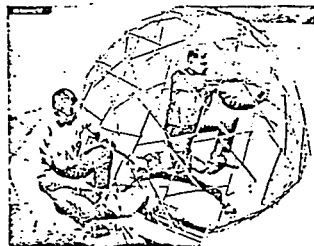


Fig. 2.71. Esfera "Tensegrity" de 2.40 de diámetro, Universidad del Sur de Illinois. 1959.

Si cualquiera de los elementos en compresión de una unidad tensegrity está situado en otro plano, se habla de sistemas de segundo orden. La situación de los elementos en compresión se denomina entonces como "situación-Twist", pues los elementos en compresión dentro de una unidad tensegrity están ordenados uno con el otro, con una dirección de giro determinada, de manera que nunca dos o más elementos en compresión estén situados en un plano.

Denominamos a la unidad tensegrity de segundo orden "Unidad-Twist", y es la unidad tensegrity cerrada mas pequeña en tres dimensiones.

La "Dimensión del efecto de carga", es la tercera característica importante de una estructura tensegrity, es decir, la forma como se transmite la carga de los puntos en donde ésta se ejerce, hasta los puntos de apoyo. Puede realizarse en una dirección, en varias direcciones en un plano, o en varias direcciones en el espacio. Según sea el caso se denominará en una, dos o tridimensional.g/

Es posible construir este tipo de estructuras con cables hechos con tiras de bambú retorcidas y con tramos o barras de bambú a las que se les puede aumentar su resistencia a la compresión rellenándolas total o parcialmente con mortero de concreto.

Un ejemplo que podríamos denominar "estructura Tensegrity" o como la llama Frei Otto:"estructuras cojin", es una rueda de bicicleta en la que los radios trabajan a tensión

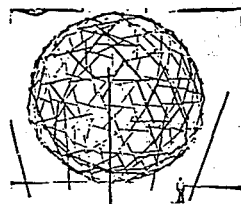


Fig. 2.72. Maqueta de 270 puntales para una esfera de 12.8 mts. de diámetro. Universidad de Minnesota, 1953.

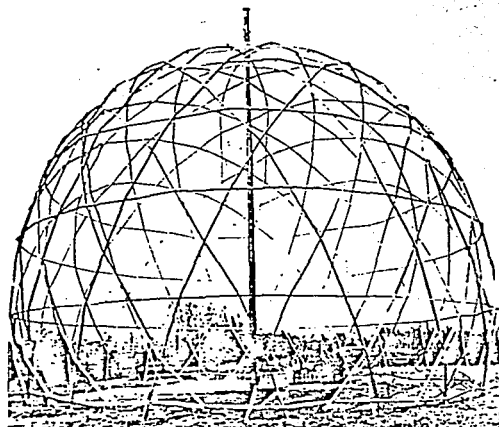


Fig. 2.73. Cúpula tensegrity de cestería. Universidad del Sur de Illinois, 1962. Diámetro, 22 metros. Es la primera vez que se aprovecha prácticamente la estructura tensegrity, prometedora de un recinto ambiental muy económico. Los materiales para el prototipo aquí reproducido ascienden aproximadamente a 300 dólares.

pura y el eje o centro de la rueda y la cama o círculo exterior de la rueda trabajan a compresión.

Los radios trabajan como si fuesen un haz de cables de forma cónica y están tensados entre el eje central, el cual actúa como una barra de compresión o apuntalamiento y el aro exterior sometido a compresión.

Si la tensión de los radios variara de unos a otros la rueda de bicicleta se deformaría, por lo que es necesario que todos los radios tengan la misma tracción.

El equilibrio y rigidización del perímetro exterior de las estructuras tensegrity, como en las estructuras cojín, se consiguen en forma parecida a la empleada en el caso de los arcos de apoyo de las estructuras con membranas y redes de cables.

Se pueden conseguir numerosas formas enlazadas y combinadas usando numerosas barras de apuntalamiento y múltiples cables de sujeción.

Las membranas dobles pueden rigidizarse por una superposición de los cables y una distribución adecuada de las barras de apuntalamiento. También es posible imaginar sistemas estructurales cerrados de cables con barras de apuntalamiento que estén rigidizados por un marco perimetral o tensados hacia puntos bajos debidamente sujetos y anclados al piso con "muertos" o elementos pesados de concreto que permitan tensar los cables hacia esos apoyos.

En el libro de Conrad Roland sobre las estructuras de Frei Otto, se muestran muchos ejemplos de este tipo de estructuras de las cuales mostramos algunas en los croquis anexos

"Hasta hace poco solamente se han construido estructuras tensegrity como obras de arte o como

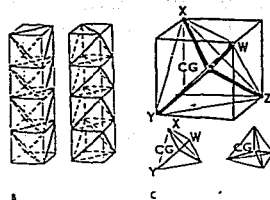


Fig. 2.74. Elementos de estructuras "Tensegrity".

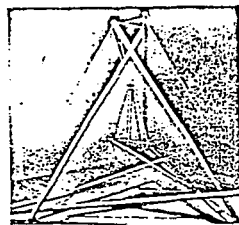
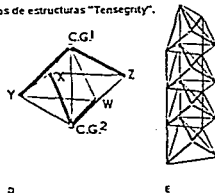


Fig. 2.75. "Tensegrity" de cuatro puntales en tetra, suspendidos como ángulos centrales. "Tensegrity" de seis puntales (periférica).

modelos de prueba y algunas estructuras formadas por cables unidos y tensados, de una o dos dimensiones, abiertas, con barras en situación normal. Esto se debe a que los sistemas estructurales tensegrity son relativamente nuevos y desconocidos. A lo que se añade que es difícil encontrar el sistema adecuado para un proyecto arquitectónico determinado y así optimizar la forma.

Existen programas (como el TRITRS), que hacen posible el cálculo con computadoras de los esfuerzos en estructuras tensegrity de una o dos dimensiones.

Las desventajas de las estructuras tensegrity son: su complicada transmisión de cargas y el relativamente grande número de nudos, diseño de detalle complicado y requiere, relativamente, mucho trabajo para el montaje, especialmente para sistemas cerrados.

Las ventajas de las estructuras tensegrity son: su ligereza, la posibilidad de armar las estructuras con pocos elementos estandarizados, como con un mecano, en pequeñas construcciones son económicas, si se requiere un montaje y desmontaje rápido.

Para claros grandes los sistemas tensegrity mezclados con otros sistemas, tiene grandísimas posibilidades de llegar a soluciones nuevas con gran economía".10/

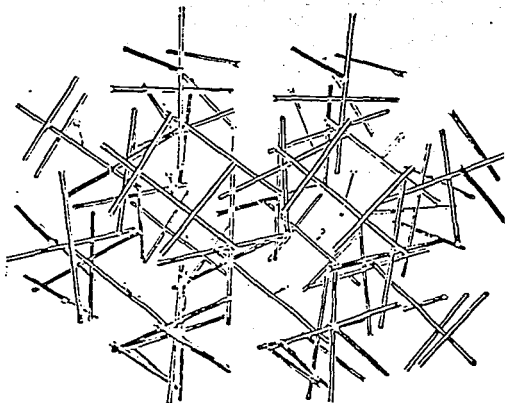


Fig. 2.77. Maqueta de "tensegrity", obra de Kernet Smetsonb. Exhibida en 1959 en el Museo de Arte Moderno de N. York, con motivo de exposición de proyectos de B. Fuller.

FALTA PAGINA

160a la.....

3.- INDUSTRIALIZACION DEL BAMBÚ.

El cultivo industrial mundial del bambú supera los 10 millones de toneladas al año, la mayor parte de esta producción se logra en el Oriente. Se estima que tan sólo en China se producen 3.5 millones de toneladas al año. Sin embargo, no todo lo que se produce es usado. En el cuadro anexo se marcan las cantidades y los consumos en las diferentes industrias en la zona oriental de la tierra.

Los usos del bambú en la industria, pueden ser resumidos en tres categorías:

- a) conversión a pulpa para la producción de papel.
- b) utilización en la producción de objetos varios y,
- c) como alimentos.

Por tener el bambú un alto contenido de celulosa, es apropiado para la producción del papel y del rayón, sobre todo en los lugares donde no es posible conseguir madera barata y donde la mano de obra es de bajo costo.

Dado que los costos de procesamiento, producción y refinación de la celulosa de bambú no son pequeños pero al papel se le da una importancia considerable, el costo de la materia prima es muy importante. Por esto se ha vuelto la atención mundial a la utilización del bambú para la producción de la pulpa del papel.

En India, 800 000 toneladas de bambú al año se vuelven papel. En Bangla Desh, se procesan casi 900 000 toneladas anuales; Tailandia, Taiwan, Indonesia y Birmania, aportan otras 100 000 toneladas. Es de esperarse que estos números se acrecienten al lograrse cultivos más intensos y eficientes.

En este rubro, Japón no tiene una producción importante ya que cuenta con abundancia de maderas nativas y

CONSUMO ANUAL DE BAMBÚ EN TONELADAS

PAIS	TOTAL	FABRICACION DE PULPA	MANUFACTURA DE UTILES	VIVIENDA	OTROS
India	1,800,000	800,000	100,000	500,000	400,000
China	1,000,000	200,000	300,000	200,000	300,000
Birmania	800,000	20,000	100,000	300,000	380,000
Japón	500,000	2,000	400,000	3,000	95,000
Indonesia	500,000	10,000	20,000	300,000	170,000
Pakistan	490,000	90,000	20,000	300,000	80,000
Taiwan	250,000	60,000	250,000	20,000	20,000
Tailandia	300,000	10,000	100,000	100,000	90,000

Tabla No. 1.

Tabla No. 2: Resultados analíticos de los brotes de los bambúes *Phyllostachys edulis* (Kubo en Ueda, 1960, Wdaja, 1984).

Característica	Brote fresco		Brote enlatado
	P.e.	G.a.	P.e.
Proteína cruda	2.5 g	2.6 g	1.9 g
Grasa cruda	0.3 g	0.3 g	0.1 g
Hidratos de C	3.9 g	5.2 g	4.7 g
Contenido agua	92.3%	91.0%	92.8%
Calorías	23	27	20
Ceniza	0.7 g	---	0.4 g
Ca	---	13 mg	---
P	43 mg	---	26 mg
Fe	7 mg	---	1 mg
Vitamina A	50 i.u.	---	50 i.u.
Vitamina B1	0.1 mg	---	0.05 mg
Vitamina B2	0.05 mg	---	0.05 mg
Vitamina C	10 mg	4 mg	0 mg

Tabla No. 3: Bambúes para zonas templadas.

procedimientos más baratos para la fabricación del papel, que el procesamiento de la pulpa del bambú.

Ahora bien, se puede lograr la mezcla de la pulpa del bambú con la de la madera para producir papel y emplar aquí los tallos de bambú de menor calidad.

Cerca de 80 000 toneladas de brotes de bambú son usados anualmente como alimento en el Japón y un número aproximado es consumido en Taiwán que tiene sólo una sexta parte de la población de Japón.

Los mejores tallos son pues usados industrialmente y se estima que cerca de 30 000 toneladas son exportadas de Japón en varias formas.

En casi todos los países orientales las cosechas podrían incrementarse enormemente aplicando correctamente las reglas de su cultivo.

Generalmente el cultivo del bambú es ineficiente, principalmente porque es tan fácil que crezca sin atención y se le encuentra en casi todas partes en el Este y su potencial real se sobreestima.

Esto ocurre en millares de pequeños lugares de difícil acceso, poco económicos, por su tamaño y cultivados en condiciones marginales por un granjero reactivo a los cambios.

El bambú puede ser una atractiva inversión financiera dado que su promedio de crecimiento anual es del 20%; su periodo de crecimiento es corto y su corte se efectúa a temprana edad. Además, requiere de muy poca mano de obra y poco equipo ya que no hay una siembra anual o desyerbadas estrictamente necesarias.

Un estudio realizado en Japón para establecer una comparación en el campo financiero entre un bambuar y un campo de cultivo de madera de frondosas similares se muestra

ESPECIES VERNACULAS E INTERMEDIAS PROPAGADAS EN LAS ZONAS TEMPLADAS

ESPECIES	ORIGEN	TIPO DE CULTIVO	ALTA DENSIDAD (TONS/HA)	BAJA DENSIDAD (TONS/HA)	REMARKS
<i>Phyllostachys pubescens</i>	China	Plantación	100-150	50-100	Plantación común en las zonas templadas, se puede utilizar en la producción de papel.
<i>Ph. bambusoides</i>	China	Plantación	100-150	50-100	Se encuentra en el Japón, Corea, el S de Japón, y también se cultiva en Taiwán.
<i>Ph. nigra</i>	China	Plantación	100-150	50-100	Se encuentra en el Japón, Corea, el S de Japón, y también se cultiva en Taiwán.
<i>Dendrocalamus strictus</i>	India	Plantación	100-150	50-100	Plantación común en las zonas templadas, se puede utilizar en la producción de papel.
<i>Melocanna baccifera</i>	India	Plantación	100-150	50-100	Plantación común en las zonas templadas, se puede utilizar en la producción de papel.
<i>Bambusa arundinacea</i>	India	Plantación	100-150	50-100	Plantación común en las zonas templadas, se puede utilizar en la producción de papel.
<i>B. stenostachya</i>	Taiwan	Plantación	100-150	50-100	Plantación común en las zonas templadas, se puede utilizar en la producción de papel.
<i>Thyrostachys siamensis</i>	Tailandia	Plantación	100-150	50-100	Plantación común en las zonas templadas, se puede utilizar en la producción de papel.

Tabla No. 4.

RENDIMIENTO ANUAL POR HECTAREA

ESPECIES	TONS POR HECTAREA (Peso seco con aire)	PAIS
<i>Phyllostachys pubescens</i>	9.0	Japón (ciclo de un año)
<i>Ph. bambusoides</i>	5.6	
<i>Ph. nigra</i>	4.0	
<i>Dendrocalamus strictus</i>	2.4	India (ciclo de tres años)
<i>Melocanna baccifera</i>	4.0	
<i>Bambusa arundinacea</i>	3.2	
<i>B. stenostachya</i>	2.4	Taiwan (ciclo de siete años)
<i>Thyrostachys siamensis</i>	2.0	Tailandia (ciclo de tres años)

en la tabla No. 5. a simple vista esta tabla parece indicar que la madera es un cultivo más redituable que el bambú.

Sin embargo, en la tabla no se toman en cuenta los intereses monetarios. En la explotación de la madera el dinero se guarda por largos períodos de tiempo, mientras que el bambú produce beneficios anuales y por lo tanto se vuelve comercialmente atractivo, principalmente para el granjero con poco capital.

En Tailandia, el bambú se emplea ahora para la construcción y para la manufactura de variados objetos, pero su gran futuro radica en la producción de pulpa para papel. El cosumo de papel en el país se ha triplicado en los últimos 10 años llegando a 150 000 toneladas, y menos de una cuarta parte de esta cantidad se fabrica localmente. De esta cantidad, sólo el 15% se obtiene del bambú. Todas las necesidades de pulpa del país y más, pueden ser satisfechas con los bambuares del norte, por medio de un buen cultivo y manejo.

W. H. Hodge, en su libro "Bamboo in the U.S.A", estima que el bambú anualmente produce 12 veces más celulosa por hectárea que el pino sureño. De ser así, en Occidente habría un buen futuro para el bambú como elemento para la fabricación del papel.

Cultivar un bambuar comercialmente no es difícil. Si los métodos aceptados para su cultivo son puestos en práctica, el cultivo puede multiplicarse considerablemente. Estos métodos los mencionamos en forma sintética en los siguientes párrafos:

1.- Clima adecuado. El bambú prefiere el clima cálido. En áreas que tienen invierno severo, deben seleccionarse especies resistentes, tales como la *P. H henonis*; *P. H pubescens*; *Semiarundinaria Kagamiana*.

Tabla No. 5.

BENEFICIOS ANUALES POR HECTÁREA DEL BAMBU COMPARADO CON MADERA		
CANTIDADES DE DOLÁRES AMERICANOS	BAMBU	
	(Rotación anual de cultivos)	(Rotación del cultivo cada 40 años)
VALORES	100 DOLÁRES	1,500
INDICIO	40 I. CORTES ANUALES	2,500
	200	7,000
	100 I. PREPARACIÓN DE LA TIERRA	50
	40 I. SIEMBRA	50
	20 I. SEPARACIÓN, DESHIERBADO, ETC.	150
	100 I.	300



Fig. 3.1. Formas de cultivo.

Tabla No. 6.

LONGITUD Y PESO DE RIZOMAS

ESPECIES	LONGITUD TOTAL (metros)	PESO FRESCO (kgf)
<i>Phytostachys pubescens</i>	2,103 a 9,500	1,500 a 7,630
<i>Ph nambusoides</i>	5,304 a 15,545	2,000 a 8,600
<i>Ph nigra</i>	11,877 a 15,385	1,000 a 3,000
<i>Pleioblastus pubescens</i>	39,319 a 48,463	409 a 1,500

2.- Suelo y sitios adecuados: El bambú crece mejor en suelo fértil que esté bien drenado y mezclado con grava. El mejor bambú necesita un suelo con alta humedad y una gran proporción de barro. Para un crecimiento óptimo, debe disponerse de agua en cantidades moderadas, ni muy poca ni demasiada.

El bambú se desarrolla bien en laderas con pendiente fuerte. Al bambú le disgusta un sol muy fuerte. Terrenos orientados al oeste que reciben el duro calor del mediodía no son los más apropiados. En climas templados o cálidos, es mejor orientarlos al norte y en las regiones frías, al sur.

3.- Fertilización. Anualmente se deben aplicar fertilizantes para obtener los mejores resultados. Si se emplean fertilizantes artificiales se necesitará cerca de una tonelada por hectárea; si se emplea estiércol natural esparcido, la cantidad para tierra buena debe ser de 7 veces más. Para una tierra pobre se deben incrementar estas cantidades.

4.- Densidad. El punto más importante en el cultivo del bambú es su espaciamento. Los tallos de buena calidad deben contar con espacio suficiente para su desarrollo.

Un experimento llevado a cabo en Japón durante 8 años con bambú madake plantado con diferentes densidades en un área de 125 metros cuadrados refuerza este punto el cual se muestra en la tabla anexa No., 7, en la que se nota que el número de tallos nuevos es más alto en los bambuares con menor densidad, así como lo es el peso de la cosecha anual.

Como el bambú se autoreproduce anualmente, la cosecha óptima es de un año. Por tanto, dependiendo del tiempo en que la especie alcanza su madurez, los tallos de 3 o 4 años se cortan, produciendo de un 33 a un 25% anual.

EFFECTO DE LA FERTILIZACION Y TALA EN LOS RIZOMAS Y LA DIMENSION DEL TALLO

PH BAMBUSICES	ANTES DE FERTILIZA R	DESPUES DE FERTILIZAR	ANTES DE TALAR	DESPUES DE TALAR
a) Círculo del rizoma en centímetros	1.33	1.33	2.41	2.31
b) Diámetro del tallo en centímetros	1.53	1.58	6.43	1.60
cosecha de 1 órnado por a	2.79	3.46	6.98	1.77

Actual, el número de tallos nuevos se incrementa después de fertilizar de 83 a 152 en un área de cerca de 93 m².

Tabla No. 7. Efecto de la fertilización.

EFFECTOS DE LA DENSIDAD

Tallos dejados después del corte anual	1 200	900	750
Número anual de tallos nuevos	165	179	218
Peso promedio en kgs	747	870	988

Tabla No. 8.

Sin embargo, un ciclo presupone abundancia de mano de obra y como no siempre se cuenta con ella, ciclos más largos son frecuentemente empleados.

Con este amplio espaciamiento, la cosecha es relativamente baja, ya que habiendo alcanzado su madurez los tallos, no se desarrollan más pero sí inhiben el crecimiento de los nuevos brotes y en casos de ciclos muy largos, hasta llegan a morir.

Los otros elementos que cuentan en el mejoramiento del cultivo son:

El corte y la caída de los tallos; el curado y los procedimientos para transportarlos y estibarlos o guardarlos, de los cuales ya hablamos con anterioridad.



Fig. 3.2.

3.1.- PRODUCCIÓN E INDUSTRIALIZACIÓN EN AMÉRICA.

América posee aún la mayoría de los bosques tropicales del mundo. Sin embargo el bambú no ha jugado un papel tan importante en el desarrollo de sus pueblos, como lo ha sido en el Asia; sólomente Colombia es el país latinoamericano en el que el bambú ha formado parte imptantisima de su crecimiento.

En los últimos años, como consecuencia de la crisis de productos forestales, se ha empezado a estimular en los países de la zona el uso de estas gramíneas, principalmente para satisfacer las demandas de materiales económicos para construir muebles y viviendas. El proceso ha sido un tanto lento ya que la sustitución de la madera implica la modificación, tanto de los diseños en las construcciones, como en la tecnología de la construcción misma.

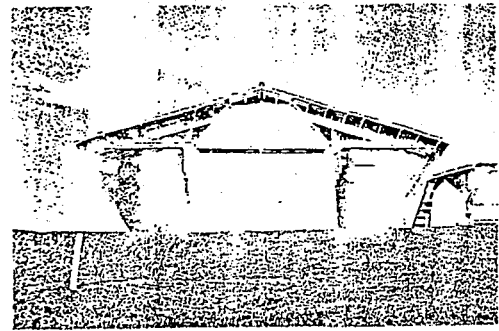


Fig. 3.3

FALLA DE ORIGEN

En este sentido, algunos organismos internacionales y gobiernos de países desarrollados han venido fomentando el uso del bambú, para satisfacer parte de la demanda de vivienda de los países en desarrollo.

Con el apoyo de esos organismos se están ejecutando proyectos integrales que contemplan el desarrollo de técnicas de cultivo, utilización y transferencias de las tecnologías para la fabricación de bienes con bambú en algunas comunidades.

En el campo de la experimentación y aplicación de nuevas técnicas sobresalen Colombia, Brasil y Venezuela, los cuales cuentan con institutos dedicados a estos estudios desde la década de los 70s.

Un caso importante de mencionar es el "Proyecto Nacional de Bambú" que desarrolla el gobierno de Costa Rica por medio de su ministerio de Vivienda, con el apoyo de varios organismos internacionales entre ellos: PNUD, HABITAT, OIT, BCIE y el Gobierno de los Países Bajos, al que se han integrado varias comunidades de distintas partes del país, incluyendo las indígenas las cuales están plenamente convencidas de los beneficios que ya están obteniendo del cultivo y uso del bambú.

El Proyecto Nacional de Bambú de Costa Rica tiene como finalidad el fomentar e impulsar la investigación en general y los procesos de transferencia de tecnología, para aprovechar todo el potencial que tiene el bambú. Como metas tienen primero la de cultivar 200 hectáreas de bambú que a partir de 1994 produciría material suficiente para construir 3000 viviendas anuales y para otros usos industriales, estos cultivos están estratégicamente localizados en tres regiones de Costa Rica.

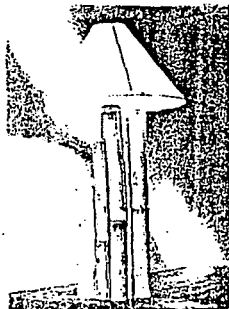


Fig. 3.4.

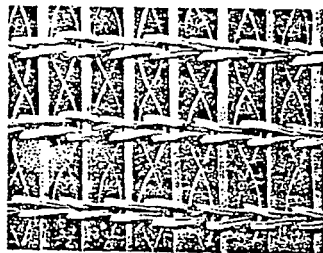


Fig. 3.5.

Como segunda meta se han construido 350 viviendas demostrativas en 17 comunidades rurales y reservas indígenas del país, con una novedosa y efectiva tecnología de diseño participativo y autoconstrucción, a cargo de los beneficiarios y técnicamente asesorados.

Como tercer punto se busca la capacitación de 500 técnicos en las instituciones nacionales y cabezas de familia que se educarán en el cultivo, corte, extracción y aprovechamiento del bambú así como en la construcción de viviendas, en técnicas de preservación del material y organización social.

Como cuarto punto se están efectuando estudios de demanda y de factibilidad. En adición a este programa se ha iniciado otro complementario con un costo de 4 000 000 de dólares, financiado por el Banco Centroamericano de Integración Económica, que comprende la plantación de 500 hectáreas adicionales de bambú y la capacitación de técnicos en construcción de viviendas mediante la edificación de 160 nuevas unidades.

Desafortunadamente no se cuenta con datos fidedignos y recientes de la producción total de bambú en América y de su aprovechamiento y desarrollo en los diferentes países.

Esto será tema y motivo de la investigación que se propone para realizarse en los dos años próximos. A continuación se hace un somero análisis de las condiciones que presenta el Edo. de Chiapas como productor de bambú.

Fig. 3.6.

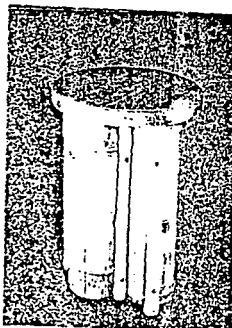


Fig. 3.7.

3.2.- DATOS GENERALES DE CHIAPAS

El estado de Chiapas, en superficie, es la octava entidad más grande de la República, con el 3.8% del territorio total del país. Cuenta con 112 Municipios y 16,422 localidades (datos de 1994). Su litoral tiene una longitud de 303 kilómetros y su plataforma continental es de 67 000Km cuadrados.

El sistema orográfico de la entidad, tiene como eje la Sierra Madre de Chiapas y las Montañas del Norte conformadas por las Sierras de la Independencia y de San Cristóbal.

La parte sureste de la Sierra Madre de Chiapas es conocida como Sierra del Soconusco y es la más elevada del estado. El pico más alto es el volcán del Tacaná (4300 m. sobre el nivel del mar). La mesa central de Chiapas forma una elevación plana en el centro del estado: Hacia el este se encuentran llanuras cubiertas de bosques y selvas.

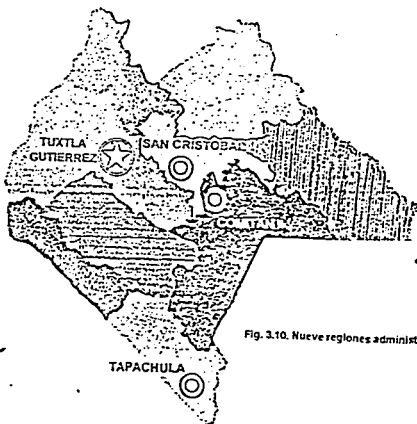


Fig. 3.10. Nueve regiones administrativas de Chiapas.



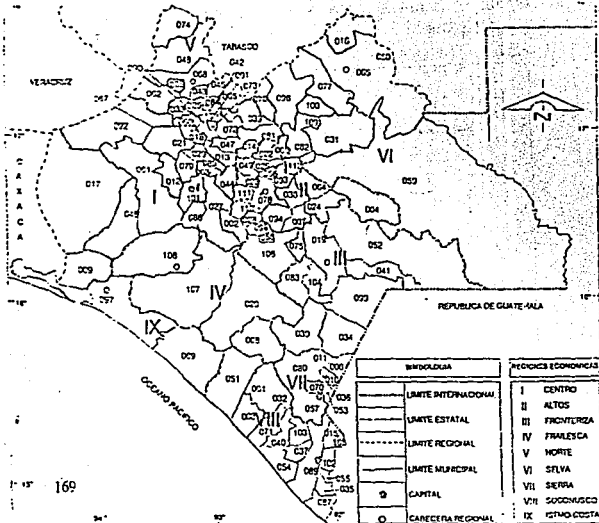
Fig. 3.8. Escudo de Chiapas.

Fig. 2.9. Localización del Estado.



CHIAPAS
DIVISION MUNICIPAL, 1991

CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE	CLAVE	NOMBRE
001	ACACUYAGUA	043	ITACAMTAN	025	SOYALD
002	ACALÁ	044	ITAPA	046	SUCHAPA
003	ACAPETAHUA	045	ITAPAHUAJOYA	047	SUCHATE
004	ALAMARANG	046	JOCUPILAS	028	SUMAPÁ
005	AMATÁN	047	JOTUL	029	TAPACHULA
006	AMATENANGO DE LA FRONTERA	048	JUARÉZ	030	TAPALAPA
007	AMATENANGO DEL VALLE	049	LARRABANDAR	031	TAPILULA
008	ANGEL ALBINO COCO	050	LIBERTAD, LA	032	TECPATAN
009	ARRIAGA	051	MAPASTEPEC	033	TENEJAPA
010	BELJUAL DE OCAÑO	052	MARGARITAS, LAS	034	TEHUACA
011	BELLA VISTA	053	MAZAPA DE MACEDÓ	036	TILA
012	BERRIOZABAL	054	MAZATÁN	037	TICHULA
013	BOCHIL	055	METAPA	038	TOTOLAPA
014	BOQUILE EL	056	MICHINTÉ	039	TRENTARIÁ, LA
015	CACAHUATÁN	057	MOTUZINTLA	100	TIAMBALÁ
016	CATAJAPA	058	NICOIAS RÍAZ	101	TUXTLA GUTIÉRREZ
017	CITLALAPA	059	OCCOJUGO	102	TUXTLA CINCO
018	COAPILLA	020	OCCOTEPEC	103	TUZANTÁN
019	COMITÁN DE DOMÍNGUEZ	061	OCCOJUGAUTLA DE ESPINOSA	154	TZAJOL
020	CÓMIC ORDÓ, LA	062	OSTUNCÁN	105	UI-SHÍ JUARÉZ
021	COPAHUALA	063	CSUMUCHINTA	106	VENUSTIANO CARRANZA
022	CHALCHIRIBTÁN	064	OCHUC	107	VILLA CORZO
023	CHAMULA	065	PALEOQUE	108	VILAFLORES
024	CHIMUL	066	PANTELINO	109	YAJALÓN
025	CHIMULTEHANGÓ	067	PANTEPEC	110	SAN LUCAS
026	CHIMALHÓ	068	PICHUATICO	111	ZACAMTÁN
027	CHIPA DE CORZO	069	PIZAPÁN		SAN JUAN CANGUC
028	CHIPALÁ	070	POCHUTER, EL		
029	CHICLASEN	071	VILLA COMALITLÁN		
030	CHICHAUSELÓ	072	PUEBLO NUEVO SOLISTAHUACÁN		
031	CHICHÓN	073	RATÓN		
032	ESCUMINTLA	074	REFORMA		
033	FRANCISCO LEÓN	075	REGAS, LAS		
034	FRONTERA COMALAPA	076	SANAHUALA		
035	FRONTERA HIDALGO	077	SALTO DE AGUA		
036	GRANDEZA, LA	078	SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS		
037	HUEHUETZ'AN	079	SAN FERNANDO		
038	HUEHTÁN	080	SILTEPEC		
039	IK'ATUPÁN	001	SAN JACINTO		
040	IK'ATLÁ	042	SITULÁ		
041	INDEFENSIENCIA, LA	063	SOCOLTEHANGÓ		
042	IRIQUETÁN	064	SOCOLCHAPA		



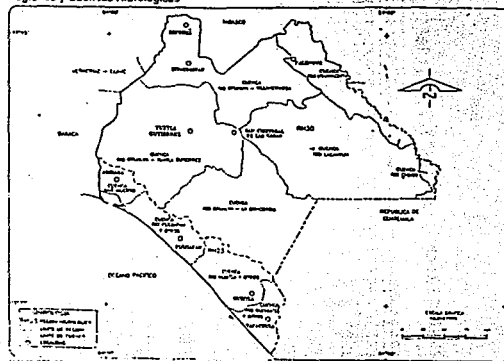
169

FALLA DE ORIGEN

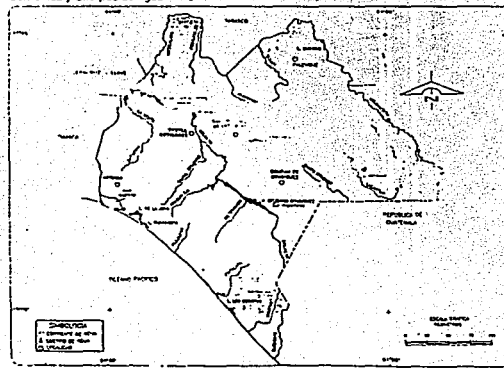
El caudal hidrológico Chiapaneco proporciona un potencial importante que equivale al 23% del total de los recursos hidráulicos del país. Reconociéndose dos grandes vertientes: la del Golfo de México y la del Océano Pacífico. La primera está integrada por numerosos ríos siendo los más importantes : el Grijalva, con una cuenca de 60 800 Km. cuadrados, y el Usumacinta con 61 930 Km cuadrados de cuenca, el Mezcalapa, el Pichualco, el Teapa y el Tlacotalpa. Los ríos principales de la vertiente del Pacífico son: el Suchiate, el Cahucán, el Coatlán y el Huixtla, con cuencas de 450 600 Km cuadrados.

El clima es muy variado, pero en general es tropical, lluvioso, con precipitaciones pluviales todo el año. Sin embargo, la meseta central es templada - fría, con lluvias de mayo a octubre.

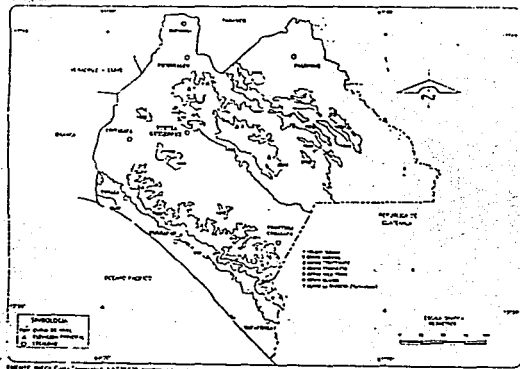
Regiones y Cuencas Hidrológicas



Corrientes y Cuerpos de Agua












Orografía



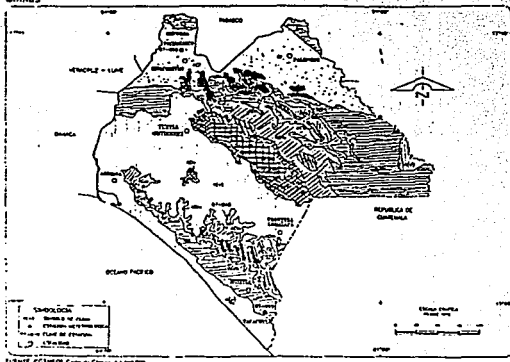
CLIMA

TIPO O SUBTIPO

SIMBOLO % DE LA SUPERFICIE ESTATAL

Cálido húmedo con lluvias todo el año	Af		15.35
Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano	Am		24.25
Cálido subhúmedo con lluvias en verano	Aw		35.16
Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano	ACf		1.93
Semicálido húmedo con lluvias todo el año	ACm		12.58
Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano	ACw		4.04
Templado húmedo con lluvias todo el año	Cf		0.16
Templado húmedo con abundantes lluvias en verano	Cm		3.44
Templado subhúmedo con lluvias en verano	Cw		3.09

Climas



TOPOGRAFIA DEL ESTADO DE CHIAPAS

- El estado de Chiapas tiene una extensión territorial de 75.634 km², el 3.8 % del territorio nacional. Es el octavo estado más grande del país.
- El Valle Central de Chiapas (cuya elevación va de 450 a 750 m.) está compuesto de varios valles aluviales anchos, posee tierras fértiles y extensos pastizales, y es por lo común caliente y seco. En el fluye el río Grande de Chiapas, que se convierte en el río Grijalva más al norte, corriendo hacia la bahía de Campeche en la costa de Tabasco.
- La Meseta Central (con una elevación de entre 1500 y 2100 m.), llamada también los Altos y tierra fría, se eleva a partir del Valle de Chiapa y domina la porción norte de la Sierra Madre de Chiapas. Esta región es un área densamente boscosa, rugosa en extremo, contiene muchos vallecitos rocosos y en general es fría.
- Los Altos, una de las regiones inmersas en el conflicto chiapaneco, es una zona montañosa entre los 850 y 2500 m. sobre el nivel del mar, y cuenta con una superficie de 25,000 km², que comprende alrededor de 27 municipios, en los que existen 40 pueblos con sus tradiciones propias, independientes en sus costumbres y organización social.
- La Selva Lacandona está ubicada en el oriente de Chiapas, en la frontera de México con Guatemala. Cuenta con una superficie de 15,000 km² y prácticamente se encontraba deshabitada hasta hace cuatro decenios.
- La porción de la Sierra Madre al sur del Valle Central sube poco a poco hasta una elevación máxima de 3500 m. corriendo paralela a la costa del Pacífico para internarse en Guatemala.
- El litoral de Pacífico (su porción sur es conocida como Soconusco) es una planicie a nivel del mar de no más de 40 km. de ancho.
- La región Fronteriza, denominada así por su colindancia con Guatemala, tiene una extensión de 659 km., el 57.8% de la frontera sur de México.

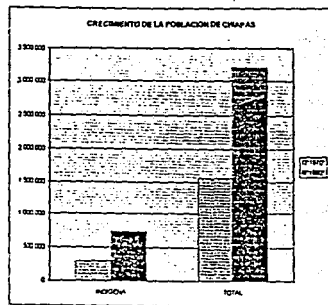
POBLACIÓN

La población de Chiapas, según el último Censo General de Población y Vivienda, es de casi 4 millones de habitantes, de los cuales, viven en el medio urbano el 40.4%.

Su densidad demográfica es de 21% habitantes por Km cuadrado, con una población económicamente activa del 23%. La tasa media de crecimiento anual fue de 3%, es decir, abajo de la media general en la República Mexicana.

La población económicamente activa, se dedica al sector agropecuario en un 73%; al sector industrial, un 7.5%; al sector de servicios, el 4.5% y sin especificación el 5%. En cuanto a industrias, las principales son: la azufrera y la caliza.

Cuenta con ingenios azucareros, despepitadoras de algodón, aserraderos e industrias: textiles, quesera, química, de curtiduría, hulera y tabacalera que aportan dividendos a la economía chiapaneca.



SEGUN EL CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA DE 1990 EN CHIAPAS SE REGISTRAN 3 279 466 HABITANTES LOS CUALES REPRESENTAN EL 3.6% DE LA POBLACION NACIONAL, EL 87% MAS QUE EN 1960
 OTROS DATOS IMPORTANTES SON

- 58.8% DE LA POBLACION VIVE EN ZONAS RURALES
- 30% DE LA POBLACION NO HACE PCCH EN CHIAPAS
- 51.9% TIENEN EDADES ENTRE 1 Y 19 AÑOS
- 40% SON NIÑOS MENORES DE 14 AÑOS
- 30% ESTAN EN EDAD PRODUCTIVA (25-63 AÑOS)
- 25.5% SON MAYORES DE 64 AÑOS
- CHIAPAS ES LA ENTIDAD QUE TIENE MAYOR NUMERO DE JOVENES

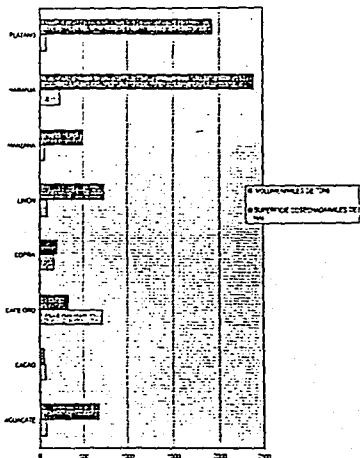
CONDICIONES DE SALUD

- La dieta de un campesino consiste en: café, tortillas, elote y frijoles.
- En 1993 murieron 17 mil indígenas por hambre.
- 54% de la población sufre de desnutrición. En los Altos y en la Selva el porcentaje es de 80%.
- En Chiapas se concentra el 12% de la mortalidad general del país.
- Las causas de muerte más comunes son: infecciones intestinales, respiratorias y por desnutrición.
- En los últimos meses de 1993 se registraron 71 casos de nacimiento de niños sin cerebro (Anencefalia) en Ocosingo, San Cristóbal, Teopisca, Cintalapa, Pijujapán, y Ocozacoautla, debido a la desnutrición.
- Las muertes por tuberculosis son las más altas que se registraron en el país.
- El paludismo avanzó en los primeros 10 meses de 1992 a 3,000 personas.
- Hay 0.5 médicos y 0.4 enfermeras para cada 1,000 personas.
- Existen 0.2 clínicas para cada 1,000 chiapanecos (1/5 de la cantidad en el resto de México).
- Menos de 1/5 de la población es derecho habiente de las instituciones de seguridad social. (D.C. 52)

El estado de Chiapas ha ocupado varias veces a nivel nacional el primer lugar en la producción de sandía y café, el segundo lugar en la producción de mango, plátano, aguacate y cacao. Otros productos importantes son: maíz, algodón, caña de azúcar, frijol, arroz, tabaco, naranja, coco de agua, durazno y otras frutas endémicas poco conocidas en el resto de la República.

Es productor de ganado bovino, del que se industrializan los lácteos y la carne. También posee ganado porcino, lanar, caballero, mular y asnal.

SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DE ALGUNOS DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS PERENES 1983



Cultivos perennes

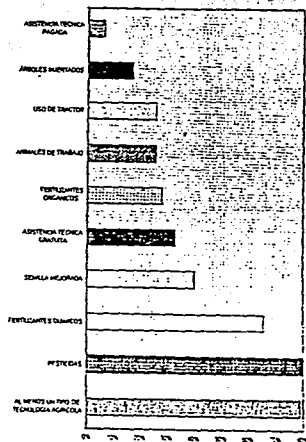
Los principales cultivos perennes en el estado de Chiapas, de acuerdo a la superficie plantada son: café 700,537 ha, plátano 64,435 ha, cacao 25,015 ha, mango 72,150 ha y caña de azúcar 19,082 ha.

Por la superficie plantada, el café es el cultivo más importante entre los perennes, se produce en 115,279 unidades de producción rurales y en 480 unidades de producción urbanas.

Encontramos, la caña de azúcar destaca por la producción obtenida, la cual ascendió a 124,178 toneladas con una superficie de 18,092 ha, lo cual indica un rendimiento de 68.7 toneladas por ha.

Asimismo, el plátano es el segundo producto en importancia, se encuentra plantado en 64,435 ha, de las cuales 49,757 ha están en producción de las que se obtuvieron 334,289 toneladas y un rendimiento de 5.7 toneladas por ha.

TECNOLOGÍA AGRÍCOLA UTILIZADA EN LOS SIEMBROS



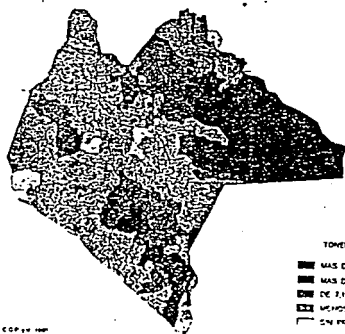
PRINCIPALES CULTIVOS PERENES EN EL AÑO AGRÍCOLA 1991

CULTIVO	SUPERFICIE PLANTADA (ha)	SUPERFICIE EN PRODUCCIÓN (ha)	PRODUCCIÓN (toneladas)
CACAO	25 015	22 000	13 700
CAFÉ	700 537	240 537	940 000
CAÑA DE AZÚCAR	18 092	18 000	1 241 178
MANGO	72 150	34 000	62 200
PLÁTANO	64 435	49 757	334 289

SUPERFICIE PLANTADA POR PRINCIPALES CULTIVOS PERENES EN EL AÑO AGRÍCOLA 1991

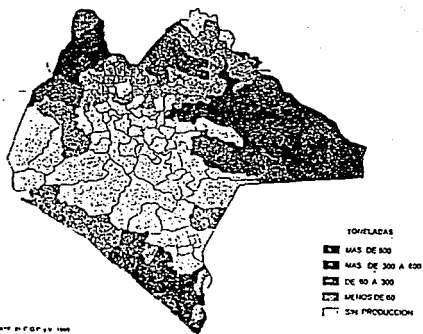


CHIAPAS
 PRODUCCION DE CAFE POR MUNICIPIO, EN EL AÑO AGRICOLA 1991



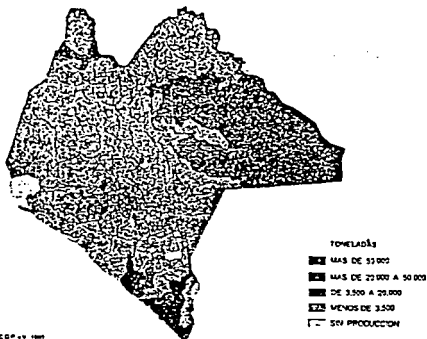
FUENTE: MAPA BASE INEGI, 1988

CHIAPAS
 PRODUCCION DE CACAO POR MUNICIPIO, EN EL AÑO AGRICOLA 1991



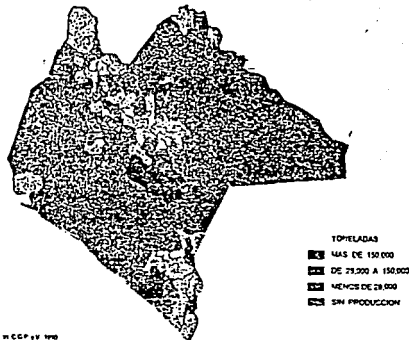
FUENTE: MAPA BASE INEGI, 1988

CHIAPAS
 PRODUCCION DE PLATANO POR MUNICIPIO, EN EL AÑO AGRICOLA 1991



FUENTE: MAPA BASE INEGI, 1988

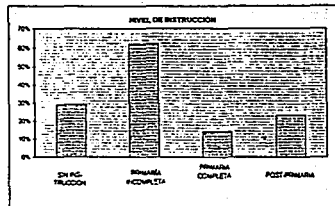
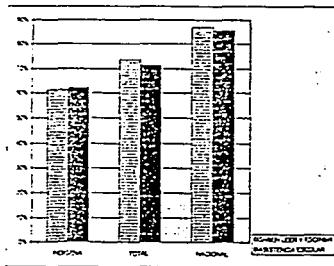
CHIAPAS
 PRODUCCION DE CAÑA DE AZUCAR POR MUNICIPIO, EN EL AÑO AGRICOLA 1991



FUENTE: MAPA BASE INEGI, 1988

Las escuelas primarias dieron servicio únicamente al 55% de la población escolar y asistieron a las escuelas de educación media y superior, más de 100 000 estudiantes, pero sólo unos 7 500 continúan sus estudios superiores.

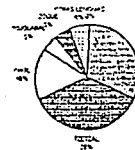
La población indígena se compone de 6 grupos principales, con un total calculado en 950 000 personas, que viven en multitud de comunidades con población inferior a 500 habitantes. En su mayoría están marginados por una serie de factores geográficos, históricos, etnológicos y políticos.



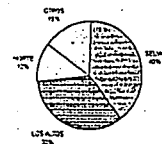
INDIGENISMO Y LENGUAS INDIGENAS

CHAPAS ES UNA DE LAS ENTIDADES DE MAYOR DIVERSIDAD CULTURAL DEL PAIS, DEBIDO EN GRAN PARTE A LA PRESENCIA DE DIFERENTES GRUPOS INDIGENAS, LOS CUALES REPRESENTAN EL 18.4% DE LA POBLACION INDIGENA NACIONAL.

POBLACION HABLANTE DE LENGUA INDIGENA POR PRINCIPALES LENGUAS



CONCENTRACION DE HABLANTES DE LENGUA INDIGENA

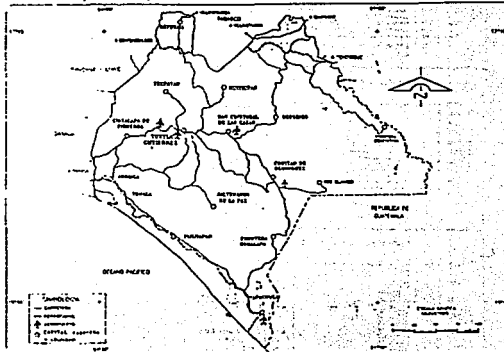


Chiapas cuenta con una extensa red de caminos terrestres, que suman aproximadamente 3500 Km de carreteras principales y 539 km de vías férreas. Sin embargo, aunque se tienen planeados varios programas para aumentar estas vías de comunicación, su construcción es lenta y muy costosa.

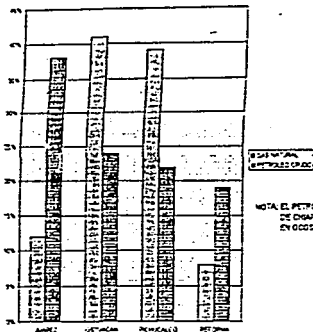
El estado cuenta con 5 aeropuertos y más de 45 campos de aterrizaje. Se dispone de un servicio adecuado de teléfonos, telégrafos, correos, radio y televisión.

Chiapas además de producir un alto porcentaje del petróleo mexicano, y de haber permitido la inundación de gran parte de su territorio, para dar cabida a las grandes presas que producen aproximadamente el 47% de la energía eléctrica nacional, la cual se distribuye hasta el centro y norte del país y se exporta hacia Centro América, en la entidad, la mayor parte de su población no cuenta con este servicio tan importante.

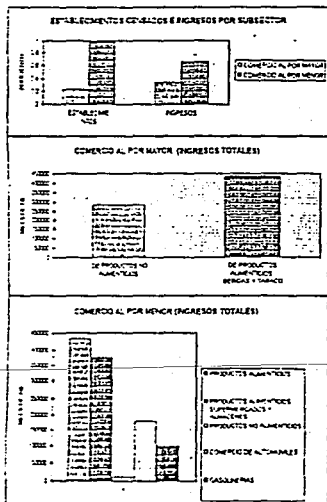
Infraestructura para el Transporte



VOLUMEN DE LA PRODUCCIÓN ANUAL DE PETRÓLEO CRUDO Y GAS NATURAL 1991 EN PORCENTAJE



NOTA: EL PETRÓLEO ES EL PRODUCTO MÁS IMPORTANTE EN EL ESTADO DE VERACRUZ, DISTRITO FEDERAL Y MICHOACÁN, DE LOS CUALES SE LOCALIZAN EN OCOYINGO.



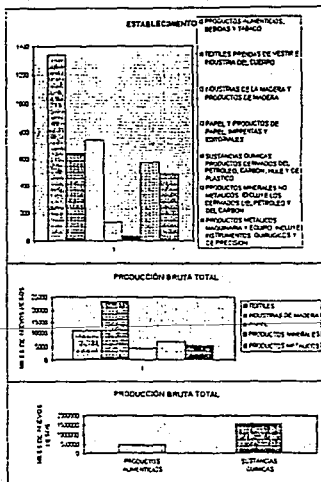
Otras comparaciones

Mano de obra

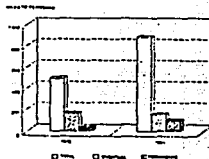
La información que se presenta, se refiere a todas aquellas personas que trabajan o realizan alguna actividad agrícola, ganadera o forestal en la unidad de producción. La mano de obra total que reportó el Censo de 1970 se incrementó para 1991 en un 73.2% al pasar de 458,021 a 876,125 personas, no sucede lo mismo con los trabajadores eventuales, cuyo número disminuyó un 5.9%, al pasar de 150,883 trabajadores en 1970 a 151,411 trabajadores en 1991.

Fig 10 que respecta a la mano de obra permanente, ésta se incrementó un 220.1%, al pasar de 29,543 trabajadores en 1970 a 97,520 en 1991.

MANUFACTURA



INTegración DE LA MANO DE OBRA



selvas disminuyeron en 921 228 Ha. Los bosques, en 316 530 Ha., y el resto de áreas forestales, disminuyó en 1 816 867Ha.

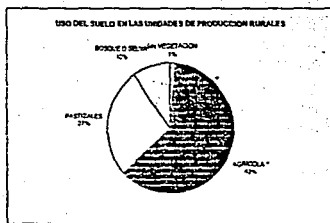
Según las autoridades forestales del estado, este cuadro se ha presentado por el aumento de las "milpas que caminan" y a la costumbre de la roza y tumba de zonas boscosas para el incremento de áreas de pastoreo.

También se presenta el fenómeno de tener más de 1 706 643 Ha. de áreas forestales perturbadas y de contar con 2 442 162 Ha de zonas forestales de agrupaciones menores que sumadas a los cuerpos de aguas (120 214 Ha) y zonas urbanas (5 931 Ha), nos dan un total de 4 274 960 Ha. afectadas en el estado.

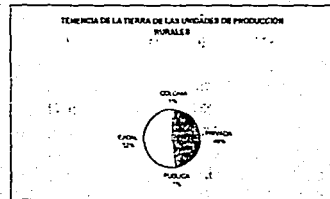
Por lo antes mencionado y al no encontrar datos recientes y fidedignos de las áreas ocupadas por bosques o sembradíos de bambú, es necesario que para proponer la creación o el establecimiento de una industria que procese este recurso natural se requiere conocer con bastante precisión las características de calidad y volumen que presentan los bambueros chiapanecos; que realmente exista este recurso para poder planear su uso y que dicha planeación pueda llevarse a cabo.

Los recursos forestales de Chiapas hoy en día, siguen siendo en su mayor parte desconocidos, por lo que los bosques que son sin duda alguna el más importante recurso natural renovable de ese estado y del país, son probablemente los peor manejados.

UNIDADES DE PRODUCCION RURALES

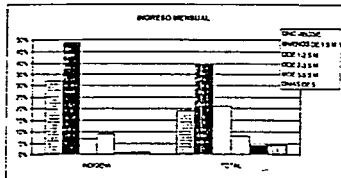
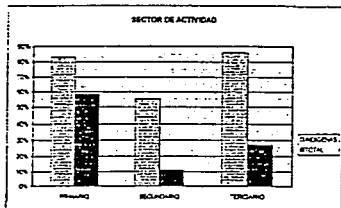


* ZONA AGRICOLA SEMBRADA CON CULTIVOS ANUALES Y PERENES O DE DESCANSO (INCLUYE A LA CUPIATIFIC SEMBRADA ALGUNA VEZ EN LOS ULTIMOS 3 AÑOS)

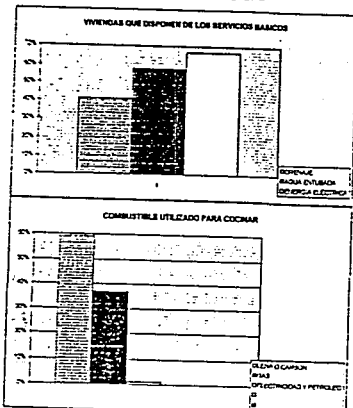


CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS

CHAPAS ES LA ENTIDAD QUE PROPORCIONALMENTE TIENE MENOS EMPLEADOS U OBREROS Y LA QUE REGISTRA MÁS TRABAJADORES, YA QUE EL 42% DE LA POBLACION PARTICIPA EN ACTIVIDADES ECONÓMICAS. EN CHAPAS REALIZAN PRINCIPALMENTE ACTIVIDADES PRIMARIAS (AGRICULTURA, GANADERIA, SILVICIA, Caza Y PEXCA).

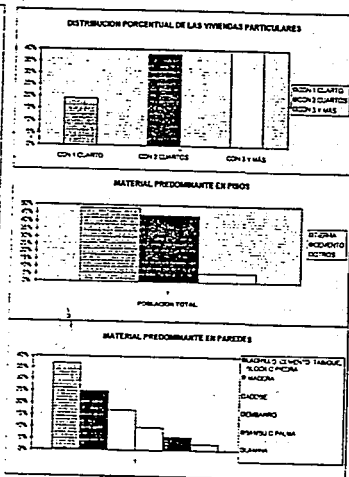


SERVICIOS EN LAS VIVIENDAS

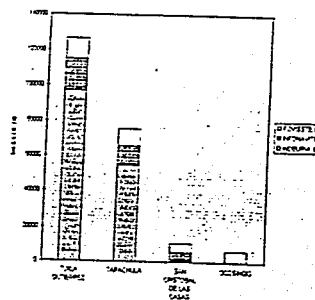


EL 81% DE LAS VIVIENDAS HABITADAS POR HOGARENAS CHAPACHEÑAS DISPONE DE COCINA. DE ESTAS VIVIENDAS, EL 95% LO UTILIZAN PARA COCINAR EXCLUSIVAMENTE Y EL 5% LO UTILIZA COMO COCINA Y COMESTORIO.

CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA



INVERSIÓN EJERCIDA DEL SECTOR PÚBLICO EN UNIDADES DE VIVIENDA CONSIDERADAS POR PRINCIPALES MUNICIPIOS Y ORGANISMO 1993



3.3.-BAMBÚES EXISTENTES EN CHIAPAS.

En Chiapas existen varios tipos de bambú tales como la *Bambusa Schreber* que es un arborecente con rizomas simpódicos y paquimorfos; cañas erectas o arqueadas cerca del ápice; entrenudos cilíndricos o surcados longitudinalmente sobre el punto de inserción de la yema o las ramas, huecos o sólidos y ocasionalmente sólidos; nudos de la mitad del tallo con una rama grande y gruesa, y una o varias más modificadas en espinas, ocasionalmente acompañadas por ramas más pequeñas y delgadas, naciendo todo el conjunto de una sola yema.

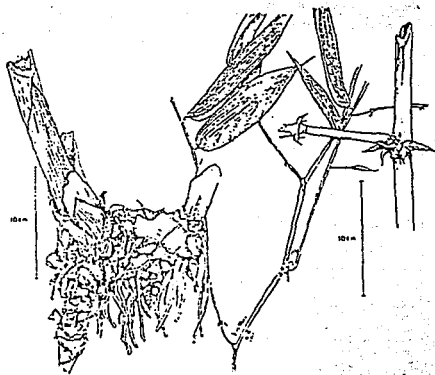
Es un género con más de 100 especies nativas de los trópicos de Asia y África. En América especialmente en Chiapas se presenta en su género "*Guadua*". Sus cañas por lo general son de más de 10 metros de alto y de 10 a 15 cm de diámetro.

Bambusa Aculeata "Bambú tarro". Son bambúes en agrupamientos abiertos con rizomas paquimorfos, cañas casi siempre de 10 a 15 metros, siempre menos de 20 metros de altura, por 10 a 15 cm de diámetro.

Erectas y muy arqueadas en la parte superior; entrenudos huecos, densamente cubiertos por pelos comprimidos de color amarillo en la base, caedizos; nudos más o menos engrosados; vainas del tallo deciduas en los entrenudos superiores y más o menos persistentes en los inferiores, de color café.

Bambú nativo, grande y espinoso, con hábito de agrupamiento abierto, florece mejor en tierras bajas, ricas y húmedas; relacionado muy cercanamente con la *Guadua Angustifolia* Kunth.

Bambusa Amplexifolia "bambú otate": cañas espinosas en grandes grupos, hasta de 5 cm de diámetros en la base.



Bambusa aculeata. Base de la planta con rizoma, caña con pajón y yema gemada con espinas. H. Guadua-5743

Vainas de tallos grandes, glaucas, pruinosas y angostándose hacia la parte superior, de 25cm de largo por 20 cm de ancho e hirsutas en toda la superficie. Nudos con ramas foliosas, dicotómicas, redondeadas, estriadas, ligeramente adpresas, escabriúsculas bajo los nudos y entremezcladas con ramas en forma de espinas divergentes. Presente desde los 700 m de altitud, distribuida desde México hasta Colombia. Bambú muy espinoso, exceptuando una forma completamente inermes en Sinaloa.

Bambusa Longifolia "bambú caña brava". Bambú arborescente, rizoma paquimorfo, simpodial, con cuello largo y delgado; cañas hasta 10 m. de altura arqueadas en la parte superior. De 4 a 6 cm de diámetro, entrenudos huecos de color verde y pruinosos, los inferiores generalmente de 20 cm de largo y los superiores de 30 cm de largo. Paredes del entrenudo de 1 a 1.5 cm de espesor; hojas del tallo deciduas, vainas con pelos blanquesinos en la superficie exterior.

Es una planta encémica; habita en selvas alta perennifolia, mediana superennifolia y a orillas de los ríos.

Bambusa Vulgaris Schrad "bambú común". Bambú inermes, de cañas erectas, con frecuencia más o menos dispersas y por lo general arqueadas hacia la parte superior, alcanza los 20 metros de altura, con entrenudos de 45 cm. de largo; nudos con la cicatriz de la vaina abultada; vainas desiduas las inferiores más anchas que largas, densamente cubiertas con pelos de color café.

La forma varigada de color amarillo con bandas verdes es muy común y se le puede llamar *Bambusa vulgaris vittata*.

Especies de gran valor y con una amplia variedad de usos, principalmente para construcción. En México es cultivada para uso ornamental.

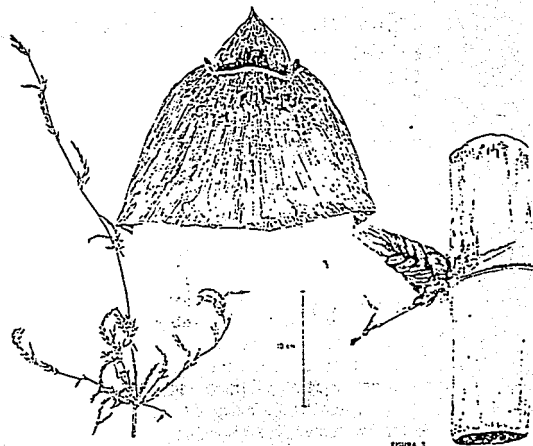


FIGURA 3

Bambusa vulgaris Schrad. Nudo y vaina de la caña. Variedad, R. Durán et al. - 6239 y Chaves - 671

3.4.- UTILIZACIÓN INDUSTRIAL DEL BAMBÚ EN CHIAPAS.

Dadas tanto las características climáticas, los tipos de suelos, las cuencas hidrográficas y los lugares en donde existen actualmente

pequeños manchones de bambuales, así como la disponibilidad de mano de obra barata, los medios de comunicación carreteros

y ferroviarios, es posible proponer con bastante facilidad la situación probable y más conveniente de las zonas en donde pueden situarse viveros y desarrollarse bosques de bambú y/o granjas de experimentación en donde mejorar cultivos y métodos de explotación.

Son dos las principales grandes áreas Chiapanecas en donde se reúnen todas las características antes mencionadas y que cubren los requisitos necesarios para crear las industrias de transformación del bambú, estas zonas son:

a).- La franja norte del Estado, comprendida desde la Estación Juárez y Pichucalco, hasta las vegas de la Selva Lacandona, por donde cruza el Ferrocarril del Sureste y que en la actualidad están conectadas también por la carretera de Pichucalco - Simojovel - Ocosingo - Palenque.

b).- El Soconusco, por donde corre el Ferrocarril Panamericano y la carretera costera que entronca la zona del Istmo de Tehuantepec y con la carretera Uixtla - Motozintla - Comitán.

En estas dos áreas se puede contar con los terrenos, los sistemas hidráulicos, y toda la infraestructura requerida para principiar a producir el bambú en gran escala, y establecer las factorías en donde se procesen, desde los productos alimenticios que se soliciten, hasta las piezas prefabricadas

Fig. 3.15.

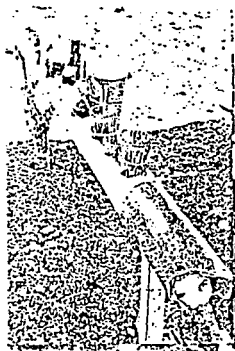
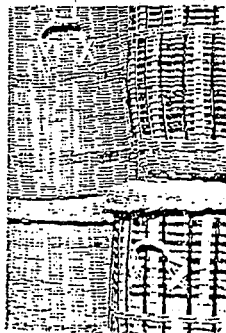


Fig. 3.16.

para mejorar las viviendas actuales o elaborar los elementos constructivos para usarlos como sistemas abiertos de viviendas prefabricadas o hacer sistemas cerrados de fabricación de viviendas completas.

Para completar el panorama de los usos industriales que se le pueden dar al bambú en Chiapas a continuación mencionamos los que son más probables de instrumentarse a corto y mediano plazos:

A) Se puede crear una industria alimentaria de brotes de bambú; ya que esta a demostrado ser una importante fuente de divisas en otros países como en la república de China (Taiwan), Tailandia y otros países de Asia,

B) Fabricación y procesamiento de pulpa para la producción de papel y telas, en la cual se usarían los tallos de menos calidad o sobrantes de otras industrias.

C) Venta de plantas ornamentales de bambú

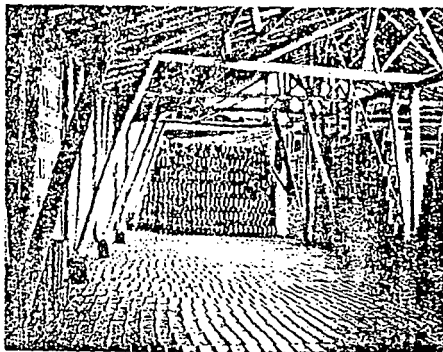
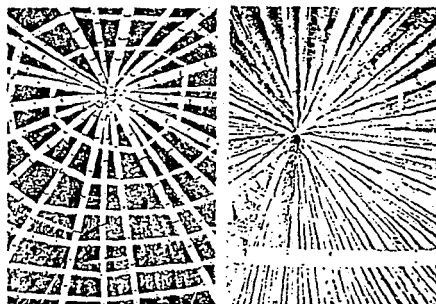
D) Artesanías y productos menores como palillos de dientes, cerillos, etc.

E) Extracción, fabricación y preservación de tallos, esterillas y tablillas de bambú para construcción, artesanía y muebles.

F) Fabricación de muebles de bajo costo para viviendas de interés social y de muebles de lujo para comercio y vivienda.

G) Fabricación de paneles prefabricados de bambú para la construcción de viviendas. En las experiencias costarricenses la construcción prefabricada les permitió levantar las paredes de una vivienda de 50 metros cuadrados en menos de dos horas.

H) Fabricación de triplay o madera contrachapada a base de bambú, para divisiones interiores, pisos, plafones o cielos rasos, en Costa Rica le llaman "Plybambú".



l) Construcción de viviendas y otras edificaciones a base de paneles prefabricados o con estructuras novedosas elaboradas en sitio.

Por no contar con datos exactos de los costos de siembra, cultivo y explotación de los diferentes tipos de bambú en Chiapas, a grandes rasgos podemos decir que las construcciones realizadas con bambú o con elementos para construcciones prefabricadas en otros países en los que el bambú se ha empleado como material de refuerzo son hasta un 60% más económicas que las construidas con otros tipos de material industrializado o semi-industrializado, esto quiere decir, a reserva de confirmar detalladamente todos los costos del procesamiento del bambú, que, dada la demanda actual, es no solamente factible sino atractivo el crear industrias en las que el bambú se emplee como materia prima.

3.5.- ELEMENTOS SELECCIONADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL

A continuación hacemos mención de varios elementos, que seleccionamos para mejorar las condiciones de vida de los campesinos e indígenas del Estado de Chiapas, todos ellos han sido experimentados y construidos en otros países, sobre todo en Colombia, Costa Rica, Perú y en la India.

3.5.1.- ESTRUCTURA TIPO "A" PROPUESTA PARA VIVIENDA CAMPESINA

El mayor número de aplicaciones que se le ha dado a las estructuras tipo "A" de madera, han sido en cabañas y

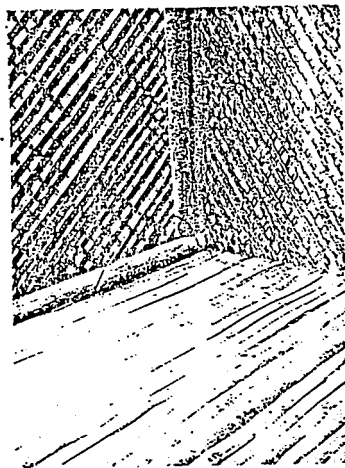


Fig. 3.19.

Fig. 3.20. Estructura tipo "A" de vivienda campesina

pequeñas casas de campo. Sin embargo en muchos lugares se han utilizado como viviendas campesinas.

En México y en especial en Chiapas es posible darle este uso, pues son construcciones de bajo costo y son fáciles de construir con bambú, a continuación se muestra el esquema de una vivienda campesina desarrollada en Colombia con estructura tipo "A" y acondicionada para albergar a seis personas. (este ejemplo se muestra detalladamente en el anexo IV).

Este diseño es igual al de las construcciones proyectadas para plantas de beneficio de café (que presentamos con todo detalle en el anexo III mas adelante) con la misma anchura pero con dos metros mas de largo.

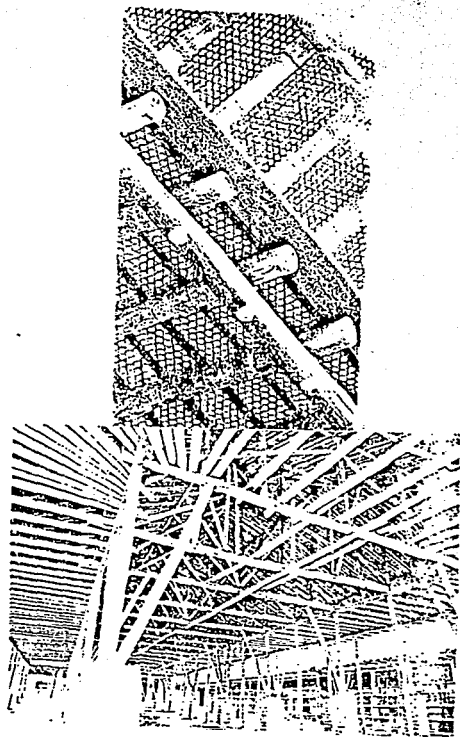
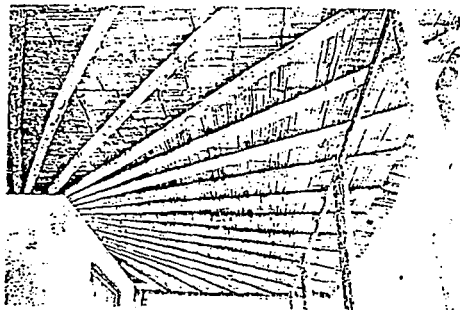
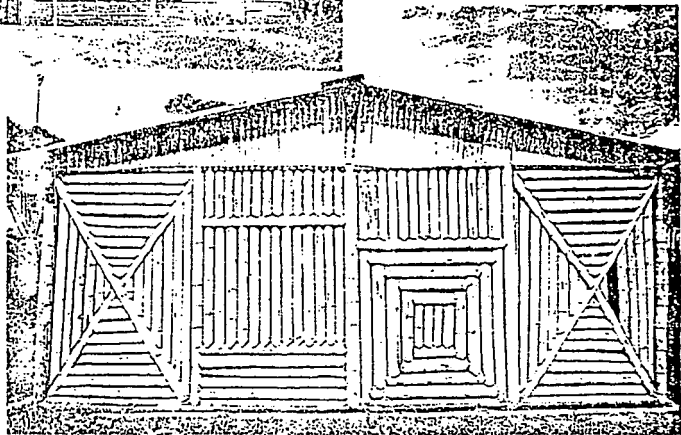
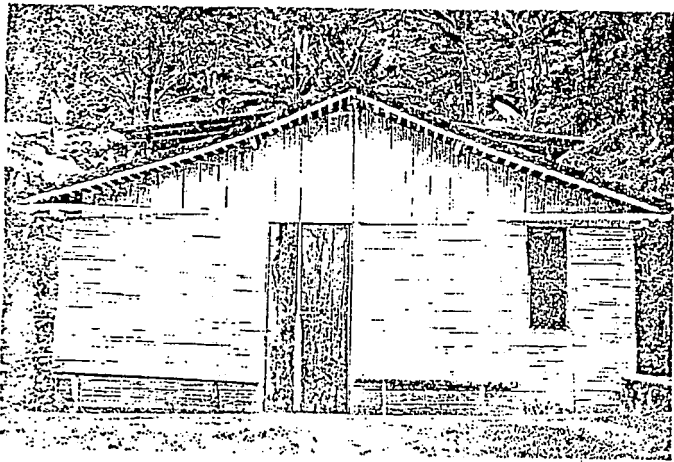


Fig. 3.22



4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1.- CONCLUSIONES GENERALES

Podemos concluir afirmando que en el Estado de Chiapas no solamente es posible establecer agroindustrias que utilicen al bambú como materia prima, sino que es económicamente atractivo y posible establecer varias industrias, desde las que prosocen al bambú como elemento alimenticio en sus primeros seis meses de vida, hasta industrias en las que se fabriquen elementos estructurales con bambú - cemento y aún fábricas de triplay de bambú como las del "playbambú" que se tienen establecidas en Costa Rica como parte de su Plan Nacional del Bambú y que están funcionando con todo éxito.

Estas afirmaciones las hacemos basandonos en que en gran parte del territorio Chiapaneco se encuentran las condiciones óptimas climáticas, de suelos, de infraestructura de transporte y socioeconómicas, que permitirían sin grandes dispendios económicos establecer y hacer operar este tipo de industrias, que sin duda serían de gran beneficio para los habitantes de esa entidad que requieren urgentemente de fuentes de trabajo seguras y bien remuneradas.

A continuación, hacemos mención de las conclusiones y recomendaciones que acorde a las experiencias internacionales en materia del empleo del bambú, consideramos son las más importantes de tomar en cuenta para su uso desde la siembra hasta su utilización como elemento primario en la fabricación de muebles y piezas estructurales arquitectónicas.

Hacemos primeramente una detallada descripción de las conclusiones y recomendaciones Colombianas sobre el uso del Bambú y las condiciones en las que se debe emplear.

4.2.- CONCLUSIONES EN EL USO DE CABLES DE BAMBÚ

Las siguientes son las conclusiones y recomendaciones de los estudios realizados en Colombia sobre la utilización de los cables elaborados con cintas de bambú como refuerzo en el concreto.

"El bambú utilizado en estos experimentos fue la especie colombiana *Bambusa guadua* var. *castilla*, conocida en el país con los nombres vulgares de "guadua de castilla", "guadua cebolla", "guadua balsa" y también como "guadua hembra", por tener menor diámetro, altura y resistencia que la especie típica *Bambusa guadua*, conocida con los nombres de "guadua macana" o "guadua macho".

Se encontró que la zona externa de la cual se obtuvieron las cintas para la elaboración de los cables, es 2.9 veces más resistente que la interna. Estas zonas se diferencian a simple vista, en que la externa, que ocupa aproximadamente el 30% del espesor de la pared, es de color más oscuro y sus fibras son más compactas.

La zona interna dio una resistencia a la tracción de sólo 706 kg/cm², mientras que la externa, de 2052 kg/cm², lo cual corresponde

La tablilla de la que se separaron las dos zonas debería tener una resistencia combinada promedio de 1110 kg/cm^2 , lo que se comprobó en los ensayos efectuados con las tablillas completas anexas a la anterior, sacadas del mismo internodio, la cual dio una resistencia de 1175 kg/cm^2 .

Lo anterior demuestra que cuando se emplean tablillas o tiras como refuerzo en el concreto, el 70% de su área no presta ninguna función como refuerzo y por el contrario disminuye notoriamente la resistencia a la tensión de la zona externa.

De un total de 162 cintas que se ensayaron a la tracción se obtuvo una resistencia máxima de 3213 kg/cm^2 , o sea mayor que la del acero liso que se utiliza como refuerzo y una resistencia mínima de 1017 kg/cm^2 . La resistencia promedio es de: 1919 kg/cm^2 .

En base a los datos anteriores un cable hecho con cintas de bambú puede tener una resistencia a la tracción entre 48% y 133% mayor que una tablilla con igual área transversal.

Se comprobó que la zona más débil del tallo es la de los nudos y la de mayor resistencia es la de los internodios. Por ello se recomienda que al elaborar los cables, los nudos de las cintas no coincidan.

No se encontró que hubiera una marcada diferencia entre la resistencia a la tracción de la parte inferior, media y superior del tallo, como otros

investigadores lo han considerado. Por el contrario en algunos casos, se obtuvo una resistencia mayor en el tramo superior que en el inferior.

Por ejemplo, en un bambú de tres años de edad, la resistencia en el tramo superior fue de 3212 kg/cm^2 , mientras que en el inferior solo fue de 1715 kg/cm^2 . 1/

Hasta ahora se había creído en la India y en otros países de Asia que la resistencia a la tracción del bambú aumenta progresivamente con la edad. Esto no fue comprobado y por lo contrario, en algunas muestras de un año, disminuyó un poco esta resistencia. Se comprobó que la resistencia a la tracción comienza a decrecer en la guadua entre los 5 y 6 años de edad.

El módulo de elasticidad a la tracción varía entre 135000 kg/cm^2 y 277000 kg/cm^2 , o sea que el módulo de elasticidad promedio es de 21500 kg/cm^2 .

De los ensayos a compresión realizados en 76 muestras, se obtuvo una resistencia máxima de 7095 kg/cm^2 cuadrado, y una mínima de 226 kg/cm^2 siendo el promedio de 433 kg/cm^2 . No se observó que el nudo mejorara la resistencia a compresión.

La resistencia de las muestras con o sin nudo resultó más o menos pareja. En los ensayos de compresión sí se comprobó que la resistencia aumenta con la edad.

La máxima resistencia se encontró en bambúes de 7 años de edad. El valor máximo de

esfuerzo cortante fue de 144 kg/cm^2 y el mínimo de 45 kg/cm^2 . El promedio fue de 93 kg/cm^2 .

En muestras de secciones de tallos, tablillas y cintas que fueron sumergidas en agua por espacio de 8 días y observadas cada 24 horas, se obtuvieron los siguientes incrementos o cambios dimensionales al cabo de las 24 primeras horas y a los 8 días, respectivamente: diámetro externo: 2.5%-5%; espesor de la pared: 5% -13%; longitud: 0 - 06%, espesor de la pared de tablillas 8% - 15%; zona blanda de las mismas: 9.5% - 17%; espesor de la zona externa (cintas) 3.5% - 3.5%; ancho, 3% - 3%. El menor incremento se presentó en la longitud.

Los mayores cambios de volumen se presentaron en la zona blanda de la pared y los menores en la zona externa, de donde se obtienen las cintas. Los cambios de volumen fueron mayores en bambúes verdes que en los ya sazones. El aumento de volumen en los nudos, fue mayor que en el internodio o entrenudo, lo que puede producir el rajado al contraerse.

En base a lo anterior, se recomienda colocar el refuerzo de bambú que se piense utilizar, en agua, por un tiempo no mayor de 12 horas antes de embeberlo en el concreto.

A pesar de las dificultades encontradas para el ensayo a tensión de los cables de bambú, causado por el aplastamiento que produce en sus extremos el agarre de la máquina, se obtuvo en ellos una

resistencia de 1452 kg/cm^2 , la que podría ser mucho mayor si se tiene en cuenta que la resistencia máxima obtenida en las cintas fue de 3213 kg/cm^2 por lo que es posible que los cables hechos con bambú puedan superar la resistencia de los cables usados por los chinos, los cuales tenían una resistencia de 1828 kg/cm^2 .

La máxima adherencia en el concreto obtenida con cables de bambú fue de 18.22 kg/cm^2 y la mínima, de 6.42 kg/cm^2 .

En las tiras o tablillas la adherencia sólo fue de 5.09 kg/cm^2 . Se observó que la adherencia del cable elaborado con un mínimo de 3 cintas, es mayor cuando se emplean cintas con anchos superiores a los 5mm.

El espesor máximo de las cintas no debe sobrepasar al de la zona de mayor resistencia de la pared del bambú.

Al colarse las vigas, el concreto debe vibrarse o picarse para que la mezcla se distribuya uniformemente dentro de la cimbra y alrededor de los cables.

La resistencia máxima de los cables de refuerzo para las vigas fue de 561.38 kg/cm^2 cuadrado, y la mínima, de 277 kg/cm^2 .

Finalmente, se puede concluir que los cables de bambú abren un nuevo campo a la construcción de pequeñas estructuras rurales y de elementos estructurales monolíticos o prefabricados, con la posibilidad de utilizarlos en el pretensionado de los mismos, lo cual es importante estudiar

con profundidad y aplicarlo en la fabricación de elementos estructurales, que podran ser elaborados por campesinos e indigenas de Chiapas, o de cualquier otro estado de la república en donde se pueda explotar el bambú en forma económica.

4.3.- RECOMENDACIONES PARA ULTERIORES INVESTIGACIONES

Es necesario remarcar que para que todo tipo de bosque sea productivo y en especial los bosques de bambú, se requiere toda una técnica silvícola, también son importantes una buena capacitación de los campesinos, y de los artesanos que van a trabajar con el bambú.

Pero primordialmente se requiere que en nuestros centros de estudio se impartan cursos sobre la producción y mejoramiento de las técnicas de preservación del bambú a continuación se hace mención de los cuatro puntos que consideramos son los más importantes para lograr las metas propuestas:

4.3.1.- SELECCIÓN DE ESPECIES PARA CULTIVO.

En noviembre de 1988, durante la última reunión en Cochin, India, denominada: "Bamboo Current Research Proceedings of international Bamboo Workshop". Se hicieron las siguientes recomendaciones, para orientar los futuros estudios sobre el bambú:

Para lograr la propagación en masa es necesario el desarrollo de de tecnologías de colección, almacenamiento e

intercambio de semillas de bambú; Lograr el mejoramiento y la eficiencia de los métodos de propagación vegetativa, reguladores del crecimiento, etc.

Desarrollar las colecciones de germoplasma y procurar el intercambio de materiales especialmente a través de cultivos de tejidos y así lograr la conservación del recurso y su mejoramiento; estudiar los ciclos de floración del bambú, la fisiología reproductiva y la inducción de la floración in vivo e in vitro; experimentar la hibridación para mejorar la calidad y también la generación de variantes por cultivo de tejidos.

Manejar intensivamente las plantaciones y viveros monoculturales, hacer comparaciones entre las plantaciones monoclonales y policlonales; estudiar ampliamente los efectos del espaciamiento, las prácticas culturales, la fertilización sobre la productividad y el uso del bambú combinado con otros cultivos.

Efectuar estudios básicos sobre nutrición, relación planta suelo, crecimiento, eficiencia del uso del agua, eficiencia fotosintética, citología, y fitopatología en las plantaciones.

Estudios biológicos básicos sobre nutrición, relación planta-suelo, crecimiento, eficiencia del uso del agua, eficiencia fotosintética; citología, fitopatología

Desarrollar el producto para asegurar su utilización y permanencia en el mercado; hacer investigación sobre las uniones de la resistencia a fuerzas presentes en aplicaciones específicas; preservación contra la biodegradación.

Para compilar, difundir y complementar la información de bambú, es necesario crear y mantener centros de información a nivel mundial tales como: El B.I.C. en China (Chinese

Academy of Forestry, Beijing), y Kerala Forest Research Institute, en la India.

Son necesarias muchas más investigaciones, con el fin de seleccionar especies que podrían cultivarse en México para usarse en la construcción, y en un gran número de artesanías e industrias, por lo que se propone crear un instituto o centro de estudio dedicado a coordinar los estudios dirigidos a obtener mejores bambúes en nuestro territorio nacional.

Así como las distintas especies de madera tienen características que difieren ampliamente, también entre las múltiples especies de bambúes hay amplias variaciones en características como: duración, resistencia y fractura.

Es posible que se encuentren o consigan nuevas especies en las que se combinen una elevada resistencia, una escasa vulnerabilidad a los insectos, la putrefacción y al fuego y una alta resistencia al resquebrajamiento que permita la utilización de clavos.

4.3.2.-PERFECCIONAMIENTO PRESERVATIVO CONTRA LOS INSECTOS, LA PUTREFACCIÓN Y EL FUEGO.

La necesidad de investigación más apremiante, es la que se refiere a mejorar la resistencia del bambú a los ataques de los insectos, la putrefacción y el fuego.

El tratamiento deberá ser sencillo y económico cuando haya de emplearse a escala relativamente pequeña. Sería preferible conseguir un tratamiento eficaz para todas las especies de bambú que aplicar diferentes tratamientos para cada especie.

Una fórmula intermedia aceptable sería un tratamiento único con modificaciones para las distintas especies.

Lo mejor sería un tratamiento aplicado de una vez, para los insectos, la putrefacción y el fuego, pero también sería aceptable un procedimiento continuado en varias fases.

El tratamiento debería durar el menor tiempo posible, aunque uno, económico y eficaz de cualquier duración supondría ya una gran mejora.

La finalidad del tratamiento debería ser incrementar la duración del bambú a unos 20 años, y proporcionar un material que no favorezca su propia combustión.

4.4.- MÉTODOS MEJORADOS DE FIJACIÓN.

Son necesarios dispositivos de fijación que sean más permanentes, de instalación más sencilla y que produzcan juntas más rígidas. Desde luego esos dispositivos tendrían que ser económicos y de fácil fabricación. Debería investigarse el empleo de nuevos pegamentos epóxicos o de resinas.

En la construcción con madera se ha puesto de manifiesto el valor de las abrazaderas metálicas y las piezas de fijación con placas. Tal vez la respuesta esté en dispositivos de plástico huecos en forma de "T", "L", e "Y". Quizás se obtenga la máxima eficacia con tornillos y pernos adaptados especialmente con rondanas dentadas.

4.5.-TABLEROS DE PARTÍCULAS Y TRYPLAYS DE BAMBÚ

Un tablero barato y fuerte de partículas, con empleo de bambú, resultaría útil como recubrimiento y para el cimbrado. Semejante tablero de partículas tendría propiedades y características similares a la madera terciada, o francamente experimentarla en la fabricación de triplay de bambú. Un tablero así podría usarse en la construcción con bambú y con concreto armado.

También podrían usarse las técnicas, procedimientos y algunos de los materiales empleados en la producción de concretos polimerizados, substituyendo en lo posible los armados de acero por cables de bambú.

Es probable que muchos de los problemas que se presentan ahora, por la absorción del agua que sufre el bambú al momento de colar se eviten al usar las resinas o al poner las piezas a hornear.

4.6.- CASAS MODELO DISEÑADAS POR ARQUITECTOS.

Existe la demanda real de nuevos diseños de las viviendas de bambú. En los que se den soluciones en planta, cortes y fachadas acordes con los climas y características físicas, sociales y económicas de las diversas zonas en las que se puede conseguir el bambú, o en las que es económicamente factible su cultivo y explotación.

Deberían construirse casas con esos diseños en las zonas rurales, donde podrían servir de prototipo para los habitantes de esas zonas.

Podrían patrocinar los nuevos diseños: las cooperativas que se creen para cultivar el bambú y para aprovecharlo en agro industrias, o si el volumen de producción lo amerita en verdaderas industrias productoras de elementos prefabricados con bambú; así como las autoridades nacionales, estatales o aun locales que tengan contemplados programas de vivienda, las que podrían solicitar la cooperación de las universidades y los centros de estudio en donde se imparta la carrera de arquitectura, o incluso recurrir a las asociaciones de arquitectos.

El diseño de casas de ese tipo ofrecería una gran oportunidad al arquitecto que conociera a fondo el diseño funcional y comprendiera las posibilidades del bambú como material de construcción.

Para concluir considerando la gama tan amplia de temas de estudio sobre el Bambú, podemos decir sin temor a equivocarnos que es la planta del futuro, tanto por el gran número de investigaciones que son necesarias para responder a tantas preguntas pendientes de contestación, así como por las perspectivas de aplicaciones y desarrollo en todo el mundo.



00164
1
Vol. 2

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**EL BAMBÚ EN CHIAPAS, SU EXPLOTACIÓN E INDUSTRIALIZACIÓN COMO
ELEMENTO ARQUITECTÓNICO ESTRUCTURAL PREFABRICADO.**

Tesis que presenta
Arq. Francisco Jorge Guillén Gutiérrez
para obtener el grado de: Maestría en Arquitectura-Tecnología
1995



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE ARQUITECTURA



FALLA DE ORIGEN

V. 2

INTRODUCCIÓN A LA SECCIÓN DE ANEXOS

Al efectuar la investigación sobre el bambú y su empleo en la industria de la construcción a nivel mundial, encontré que a pesar de la amplísima y milenaria experiencia que muchos países poseen, no es sino hasta hace unos 60 años, que se han realizado estudios y experimentaciones con métodos y medios modernos con resultados muy prometedores, que han permitido mejorar y fomentar la producción y uso del bambú en gran escala.

Al elaborar la tesis sobre la posible industrialización del bambú en Chiapas, creo conveniente, complementarla con varios textos, que pueden ser de utilidad a las personas que les interesen estos temas, en los cuales se muestran los ejemplos que considero son importantes.

Versando estos tópicos inicialmente sobre la descripción detallada de las 65 especies más adecuadas para la construcción con bambú que se pueden conseguir en el mundo, (ANEXO I) y que transcribí íntegramente del libro Construcciones con Bambú Y Caña que publicó la O.N.U. en 1972, y al que solamente incluí las medidas en sistema métrico decimal de las dimensiones de los bambúes.

A continuación hago mención en los ANEXOS II y III de las investigaciones dirigidas a la preparación y preservación del bambú que también fueron publicadas en el libro de la O.N.U. mencionado en el párrafo anterior.

Así mismo tomé de la gran experiencia del Arq. Oscar Hidalgo López los ejemplos que él menciona en su libro sobre las construcciones que ha efectuado con bambú en el medio rural Colombiano (ANEXOS III y IV).

A los que solo les modifiqué la terminología de los elementos que en su país son similares al del idioma Español peninsular, pero que son diferentes a los usados en nuestro lenguaje cotidiano nacional, haciéndome responsable de los posibles errores que de esta "interpretación" hayan surgido.

También, me permití acomodar en el ANEXO V, la traducción que hice de la ponencia presentada por Brasil en el Simposio del R.I.L.E.N., sobre sistemas de construcción alternativos para viviendas de interés social, efectuado aquí en la ciudad de México. Haciéndome responsable de los posibles errores y omisiones cometidos en esta traducción.

En el ANEXO VI, por considerarla como dato importante, incluí la metodología usada en Japón para estimar rápidamente y con bastante precisión el tamaño de las plantaciones de bambú.

Consideré oportuno añadir en el ANEXO VII un resumen del libro "Un isla en el desierto" y su anexo "Vivir en la arena" que tratan sobre el empleo del Bambú en una pequeña población del norte del Perú.

Por último consideré importante agregar el ANEXO VIII con los datos más sobresalientes del Programa Nacional del Bambú de Costa Rica, por ser la vivencia más reciente en el uso del bambú en la construcción de viviendas de interés social, con métodos de auto gestión. Con lo que considero dejo cubierta una gama importante de experiencias.

ANEXO I

DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DE LAS ESPECIES DE BAMBÚ UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN.

La mayoría de los bambúes de mayor utilidad y con más amplias aplicaciones en la construcción a nivel mundial proceden, como se sabe, de unos pocos grupos de especies relacionadas entre sí, denominadas géneros. Estos géneros son: *Arundinaria*, *Bambusa*, *Cephalostachyum*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*, *Melocanna*, *Phyllostachys* y *Schizostachyum*, en el hemisferio oriental. *Guadua* y *Chusquea*, en el hemisferio occidental. Esto no quiere decir que todas las especies más útiles estén comprendidas en estos géneros.

Para quienes deseen reconocer y encontrar los mejores bambúes de un lugar determinados los nombres vernáculos servirán mejor que los latinos. Sin embargo, los nombres latinos resultan más útiles para establecer una relación entre los datos que se encuentran en los trabajos publicados. En la lista siguiente, donde se enumeran algunas de las especies más útiles con su ubicación, tamaño y empleo, se da el nombre latino y también los nombres vernáculos disponibles:

BAMBÚES :

1.- *Arundinaria Alpina*: Alpine Bamboo, Bambú Alpina.- Se encuentra en Africa: Kenya, Sudán, Uganda y Zaire: entre los 600 y 900 mts. de altitud sobre el nivel del mar. abundante en grandes zonas de vegetación.

Tallos: de 18 mts. de altura por 10 cm. de diámetro; comúnmente de 12.5 a 15 mts. de altura con 5cm. de diámetro; paredes un poco delgadas.

Empleo: general.

2.- *Arundinaria Callosa*: Uscong, Uspar, Spa, (Khasia). India: Himalaya Oriental y colinas de Khasia, Assam; hasta 1850 mts. de altitud sobre el nivel del mar.

Tallos: de 3.6 a 6.00 mts. de altura por 1.25 a 2.5 cm de diámetro.

Empleo: para sujetar los techos de paja y hojas.

3.- *Arundinaria Elegans*: Jillí (Naga).

India: montañas de Naga: altitud de los 1500 a 2150 mts.

Tallos: de 3 a 6 mts. de altura por .8 a 2 cm de diámetro.

Empleo: paredes de cabañas.

4.- *Arundinaria falcata*: Himalayan bamboo, Rinjal, Nirgal, Nigal, Nagre, Narri, Garri, Gorwa, Spikso, Ningalo, Kewi, Tham, Utham, Kutino.

India: Himalaya occidental.

Tallos: de 4 a 6 mts de altura por 1.25 a 2.15 cm. de diámetro.

Empleo: revestimiento de cubiertas de casas.

5.- *Arundinaria griffithiana*: Khnap (Khasia), U-Spar.
India: Himalaya Oriental, Colinas de Khasia y Jaintia, Assam. Hasta 1350 mts de altura.

Tallos: de 3.6 a 6.00 mts de altura por 2.5 a 3.75 cm. de diámetro.

Empleo: sujeción del techado de paja y hojas en las casas.

6.- *Arundinaria intermedia*: Nigala (Nepal), Pamiok (Lopcha), Titi Magala, Prong Nok.

India y Nepal: Himalaya oriental; hasta 2100 mts
tallos: de 2.4 a 3.6 mts de altura por .5 a 1.25 cm. de diámetro.

Empleo: trenzado para cubrir muros y cancelos.

7.- *Arundinaria khasiana*: Namleg, U-Kadac Namlong.
India: Colinas de Khasia; de 1500 a 1800 mts.; frecuentemente cultivado.

Tallos: de 3.0 a 3.6 mts. de altura por 1.25 cm. de diámetro.

Empleo: Muros de carrizo y repellados de las casas.

8.- *Arundinaria mannii*: Beneng (khasia)

India: Colinas de Jaintia, Assam; hasta 900 mts. de altitud
Tallos: hasta 9.0 mts. de altura por 1.25 cm. de diámetro.

Empleo: Ligaduras para las armaduras de las casas.

9.- *Arundinaria prainii*: Kevva, Keva, Sampit (Naga).

India: Khasia, Jaintia y montañas de Naga; altitud 2850 mts.

Tallos: Delgados.

Empleo: Largueros para muros de casa.

10.- *Arundinaria racemosa*: Maling (Nepal), Phyum, Milnu, Mheem, Pheong, Pithiu.

Nepal y la India (Sikkim); de 1800 a 3600 mts. de altitud
Tallos: de 1.5 a 4.5 mts. de altura, por .8 a 2.5 cm. de diámetro.

Empleo: Construcción de cubiertas y trenzados para casas.

11.- *Arundinaria spathiflora*: Ringal, Garu, Deo Ningal.
India: Himalaya noroccidental; de 2100 a 2700 mts. de altitud.

Tallos: de 7.5 a 9.0 mts. de altura por 3.75 cm. de diámetro

Empleo: Construcción de casas, tuberías.

12.- *Arundinaria wightiana*: Chevari.

India: Regiones meridional y occidental; especialmente abundante en Nilgiris.

Tallos: de 3.0 a 4.5 mts. de altura por 2.5 cm. de diámetro.

Empleo: trenzados.

13.- *Bambusa arundinacea*: Thorny Bamboo, Berua, Kata, Koto (Assam), Ily, Mulu (malayo), Bane, Behor Banj (bengali), Mulkas, Vedru (telugu), Mundgay (Bombay), Bambú duri, Bambú oriduri (indonesia), Phai Pah (siamés).

India: Pantropical en cultivo.

Tallos: de 25 a 30 mts. de altura por 15 a 20 cm. de diámetro; de paredes gruesas; comúnmente de formas un poco torcidas; sólo medianamente fuerte y entre duradero y muy duradero; las ramas bajas muy espinosas.

Empleo: General.

14.-*Bambusa balbacoa*: Balku Bans (bengalí), Baluka (Assam), Boro-bans, Sil Barua, Teli Barua, Wannah, Beru, Betwa.

India: Assam, Bengala inferior y Bihar.

Tallos: de 15 a 21 mts. de altura por 7.5 a 15 cm. de diámetro.

Empleo: General; muy adecuado para construcción y andamiaje.

15.-*Bambusa blumeana*: Buloh Duri (malayo), Kida (Semang), Bambú Duri, Bambú Gesing, Pring Ori, Pring Gesing (Java), Haur Chuchuk (Sudán), Phai Sisuk (siamés), Kauayan Tinik, Spiny Bamboo (Filipinas). Malaya, Java, Sumatra, Borneo; la India y Filipinas (cultivado).

Tallos: de 9 a 18 mts. de altura por 7.5 a 10.0 cm. de diámetro; internodios de 40 a 60 cm.

Empleo: General.

16.-*Bambusa dolichoclada*: Chang Chih Chu (Chino). Taiwán (cultivado).

Tallos: de 6 a 20 mts. de altura por 4 a 10 cm. de diámetro.

Empleo: General.

17.-*Bambusa khasiana*: Serim, Tyrah (Khasia).

India: Colinas de Khasia y Jaintia, Assam y Manipur; hasta 1200 mts. de altitud.

tallos de 9 a 12 mts. de altura por 2.5 a 3.0 cm. de diámetro.

Empleo: General.

18.-*Bambusa multiplex*: Hedge Bamboo, Silver Leaf Bamboo, Ngau Kan Chuk (chino), Mai-liang (siamés).

China: Kuangfung; hasta 300 mts.; ahora prácticamente de cultivo pantropical.

Tallos: Hasta 9.00 mts. de alto por 2.5cm de diámetro; internodios largos de paredes delgadas; resistente al coleóptero xilófago Dinoderus.

Empleo: Revestimiento para cubiertas, construcción de muros de carrizo recubierto. (Jamaica).

19.- *Bambusa Nutana*: Pichlo, Bidhuli, Nal Bans, Mukai, Makal, Mahlu, Mahl, Paoshi-ding-ying, Jotia, Deo-bans, Mamalong, Sering-jai.

India: zona al pie del Himalaya, desde el Jumna a Assam y Sikkim; hasta 150 mts.

Tallos: 10-15 mts por 4-8 cms.; paredes bastante gruesas: 3 a 4.5 cms.; internodios 35 a 45 cms.; sustancia leñosa fuerte, recta. dura y muy estimada.

Empleo: general.

20.- *Bambusa pallida*: Phai Songkham, Mai-phiu (siamés).

India, Tailandia.

Tallos: 12-18 metros por 5-8 cms; paredes gruesas.

Empleo: general.

21.- *bambusa Polimorpha*: Kiathaugwa (birmano), Betua (Assam), Jama Betua (bengalí), Mai Salon (chinbo).

India, Pakistán Oriental, Birmania y Tailandia; hasta 450 mts.

Tallos: 15 - 24 mts por 7.5-13 cm.

Empleo: General; Está considerado como uno de los mejores bambúes para muros, suelos y cubiertas de las casas.

22.-*Bambusa Stenostachya*: Tsu Chu (chino).

Taiwán: cuativado.

Tallos: 5-24 mts por 5-15 cm.

Empleo: General.

23.-*Bambusa textilis*: Wong Chuk, Mit Chuk (chino).

China: provincias sudorientales.

Tallos: Hasta 12 metros por 5 cm; internodios alargados, con capa leñosa bastante delgada.

Empleo: tiras para sujetar las estructuras de las casas; trezados para muros.

24.- *Bambusa tulda*: Tulda, Jowa, Djowa, Bans, Mak, Makor, Kiranti, Matela, Wati, Wamuna, Wagi, Nalbans, Deo-bans, Bijuli, Jati, Jao, Ghora, Theiwa, Thaikwa, Phai Bong (siamés).

India, Pakistán Oriental, Birmania y Tailandia; Es el bambú más común en los países de cultivo del arroz.

Tallos: 6-21mts por 5 a 10cm.

Empleo: General: cubiertas, andamiaje, trezados, etc.

25.- *Bambusa tuldoidea*: Punting-pole Bamboo; Chaang-Ko Chuk, Yang-chuk (chino).

China, Malaya, Brasil y El Salvador.

Tallos: Hasta 16.5 Ms. por 5 cm.

Empleo: General.

26.-*Bambusa vulgaris*, Common Bamboo, Bambú (Latinoamérica), Buloh Minyak Haur, b. Tutal, B.Gading, Aur Gading, Pau, Po-o, Pook (malayo), Jajang Ampel, P. Legi, P. Tutal (Java), Awi Ampel, A.Gading, A. Haur, A.Koneng, A.Tutal (Sudán), Auwe Gadieng, B.Kuring-kuring (Sumatra), Phai Loung (siamés), Kauayan-Kiling (Filipinas).

De cultivo pantropical, con dos colores del tallo: verde liso y amarillo con rayas verdes.

Tallos: 6-21 mts por 5 a 10 cm.; internodios de 20 a 45 cm.; sustancia leñosa gruesa y fuerte; vulnerable al ataque del coleóptero xilófago *Dinoderus*.

Empleo General.

27.- *Cephalostachyum pergracile*: Tinwa (birmano), Latang (Naga), Madang (Singpho).

India: (Assam), Birmania y Tailandia.

Tallos: 9 a 12 mts por 5 a 7.5 cm.; de paredes delgadas.

Empleo: General.

28.- *Chusquea spp*: Chusque, Suro, Carrizo. América Central y Meridional; especialmente en las tierras altas andinas; de México a Chile y Argentina.

Tallos: Generalmente largos, delgados y relativamente débiles; con médula en el centro.

Empleo: Revestimiento en techados y listones para muros

29.- *Dendrocalamus asper*: Bulah Betong, B. Panching (malayo), Kuur (Sakai), Deling Petung, Jajang Betung, Pring Petung (Java), Awi Betung, Bitung (Sudán), Bambú Baetung, Pering Betung (Sumatra). Malasia, Indonesia, Filipinas y Tailandia. Se planta mucho.

Tallos: Hasta 30 mts. de altura por 15 o 20 cm. de diámetro, los cortos internodios de la parte inferior tienen paredes muy gruesas.

Empleo: General.

30.- *Dendrocalamus brandisii*: Kyelowa, Wapuy (birmano), Wakay, Waklu (Karen), Mai Bôngyai (siamés). India: colinas del nordeste; hasta 1200 mts. de altitud.

Tallos: de 18 a 36 mts. de altura por 12.5 a 20 cm. de diámetro.

Empleo: General.

31.- *Dendrocalamus giganteus*: Wabo (Birmania), Worra (Assam), Phai Pao (siamés).

India: Calcuta, en Birmania hacia el norte hasta Tenasserim, Tailandia, Ceilán.

Tallos: de 24 a 30 mts. de altura por 20 a 25 cm. de diámetro.

Empleo: General.

32.- *Dendrocalamus hamiltonii*: Wabo-myrtangye (birmano), Tama (Nepal), Pao (Lepcha), Kokwa (Assam), Pescha (bengalí), Onay (Miki), Wanoke (Garo), Phai Nualyai (siamés).

India, Birmania y Tailandia: zona central y oriental del Himalaya, Bengala septentrional, Assam, colinas de Khasia, Sylhet, al este hasta Birmania superior y al oeste hasta Suttlej. Es el bambú común en las colinas de Darjeeling, Terai, etc.;

Tallos: de 12 a 18 mts. de altura por 10 a 17.5 cm. de diámetro; internodios de 35 a 50 cm. de longitud; algo blando y de paredes relativamente delgadas.

Empleo: General; no es muy estimado.

33.- *Dendrocalamus hookerii*: Ukotang, Patu, Tili, Kawa Ule.

India a Birmania superior: hasta 1500 mts. de altitud.

Tallos: de 15 a 18 mts. de altura por 10 o 15 cm. de diámetro; internodios de 45 a 50 cm. de longitud; paredes de 2.5 cm. de espesor aproximadamente.

Empleo: General.

34.- *Dendrocalamus latiflorus*: Ma Chu (Chino), Phai Zangkum (siamés).

Tailandia, Taiwán y Filipinas: cultivado.

Tallos: hasta 25 mts. de altura por 20 cm. de diámetro; paredes de 0.5 a 3.5 de espesor; internodios, de 20 a 70 cm. de longitud.

Empleo: General.

35.- *Dendrocalamus longispatus*: Kang, Orah, Wa-ya, Phai Lammalog (siamés) Pakistán oriental, Birmania y Tailandia
Tallos: hasta 18 mts de altura por 7.5 a 10 cm. de diámetro.; internodios, de 25 a 60 cm. de longitud.
Empleo: General, no muy estimado como material de construcción pero se utiliza cuando no se dispone de mejores clases de bambú.

36.- *Dendrocalamus membranaceus*: Wa-ya, Wa-yai, Wa-mu, Wapyu (malayo), Phai Nual (siamés).
India, Birmania y Tailandia: Bosques húmedos a escasa altitud.

Tallos: hasta 21 mts. de altura por 10 cm. de diámetro; internodios, de 22.5 a 37.5 cm. de longitud; sustancia leñosa, de .05 a 2.2 cm. de espesor.

37.- *Dendrocalamus merrillianus*: Bayog (Ilocos), Kawayan-bayoñg (Pangasinan): Filipinas
Tallos: 15-18 metros por 6-10 cm; paredes, 2.5-3 cm; internodios, 15-21 cm.
Empleo: General.

38.- *Dendrocalamus sikkimensis*: Pagriang (Lepcha), Wadah (colinas de Garo), Diria, Vola (Nepal).
India (Sikkim e Himalaya Oriental) y Bhután; de 1200 a 1800 mts. de altitud.
tallos: de 15 a 21 mts de altura por 12.5 a 17.5 cm de diámetro.
Empleo: General.

39.- *Dendrocalamus strictus*: Malé Bamboo Bans, Bans Kaban, Bans Khurd, Karail, Mathan, Mat, Buru Mat, Salia Bans, Halpa, Vadur, Bhiru, Kark, Kal Mugil, Kiri Bidru, Sadhanspavedru, Kauka, Myinwa, Phaizang (siamés).

En toda la India y Birmania, excepto en el norte y sudeste de Bengala y Assam; Tailandia. Es el bambú más común en la India.

Tallos: de 5 a 15 mts de altura por 2, 5 y 8 cm de diámetro; muy fuerte; con frecuencia macizo.

Empleo: general.

40.- *Gigantochloa apus*: Bamboo Apus, B. Tali (malayo), Delingi Apooos, D. Tangsool, D. Pring, Pring apus, P. Apooos, P. Tali (Java), Awi Tali (Sunda); Pereng Tali (Madura).

Java, Surinam y Tailandia: plantado extensamente.

Tallos: hasta 19.5 Mts de altura por 10 a 15 cm de diámetro; internodios: hasta 26 cm de longitud.

Sustancia leñosa de 0.6 a 1.25 cms de espesor.
Empleo: General; uno de los bambúes más útiles.

41.- *Gigantochloa Levis*: Kawayan-bo-o, K. Sina, K. Puti, Boho (tagalo), Bddo, Botong (Bisaya), Bolo (Filipinas),

Filipinas y Malasia: silvestre y cultivado.

Tallos: hasta 20 mts de altura por 15 a 23 cm de diámetro; paredes de 1.5 a 3 cm de espesor; internodios de 29 a 36 cm.; muy recto y fácil de trabajar.
Empleo: General.

42.- *Gigantochloa macrostachya*: Tekserah, Madi, Madywa, Wanet, Wabray.

India (Assam), Pakistán Oriental y Birmánia.

Tallos: de 9 a 15 mts de altura por 6.5 a 10 cm de diámetro.

Empleo: General.

43.- *Gigantochloa verticillata*: Whorled Bamboo, Bambo Andong (malayo), Pring Soorat (Java), Andong Kakes, Awi Andong, A. Gambong, A. Liah, A. Soorat (Sunda).

Java.

Tallos: hasta de 20.4 mts de altura por 15 cm de diámetro; internodios con rayas amarillo-pálidas; sustancia leñosa hasta de 2 cm de espesor; tallos rectos de fácil elaboración.

Empleo: General.

44.- *Guadua aculeata*: Tarro (América Central). México a Panamá.

Tallos: hasta de 22.5 mts de altura por 12.5 cm de diámetro; internodios relativamente cortos; sustancia leñosa de espesor mediano.

Empleo: General.

45.- *Guadua amplexifolia*: Cauro (Nicaragua, Mosquito). De Venezuela a México.

Tallos: de hasta 18 mts de altura por 10 cm de diámetro; internodios relativamente cortos; los inferiores semimacizos.

Empleo: General; es la menos conveniente de las especies ennumeradas a este respecto, pero se usa mucho en Nicaragua.

46.- *Guadua angustifolia*: Guadua (Colombia), Caña Brava (Ecuador).

Ecuador, Colombia, Perú y Nordeste de Sudamérica, de Argentina a Panamá.

Tallos: hasta 29 mts de altura por 15 cm de diámetro; internodios relativamente cortos; sustancia leñosa hasta 1.8 cm de espesor.

Empleo: General; el de usos más variados del género. Se usa en casi todas las casas y en ciertas zonas algunas viviendas se construyen enteramente con esta especie. Resiste a los hongos y algunos insectos xilófagos.

47.- *Guadua superba*: Maroma.

Brasil: Acre, Río Purus.

Tallos: hasta 22.5 mts de altura por 12.5 cm de diámetro.

Empleo: General.

48.- *Melocanna baccifera*: Terai Bamboo, Muli, Metunga (Bengali), Tarai (Assam), Wati (Cachar), Artem Mikir, Turiah (Naga), Watrai (Garo), Kayaungwa (Magh), Kayima (birmano), Paia, Taria, Pagutulla. India, Pakistán oriental y Birmania.

Tallos: de 15 a 21 mts de altura por 6.5 a 8.5 cm de diámetro; internodios de 30 a 50 cm de longitud; recto, de paredes delgadas, pero fuerte y duradero. Empleo: General; en el Pakistán Oriental constituye el material principal para viviendas económicas.

49.- *Ochlandra rheedii*:

India (Kerala).

Tallos: de 4.5 a 6 mts de altura por 2.5 a 5 cm de diámetro; de paredes delgadas.

Empleo: trenzados.

50.- *Ochlandra stridula*: Batali Battagass.

Ceilán (tierras bajas en el sur).

Tallos: de 1.8 a 5.4 mts de altura por 1.25 a 2 cm de diámetro.

Empleo: en techos de cabalas.

51.- *Oxytenanthera abyssinica*: Arkai, Chommel,

Sabannah Bamboo.

África, de Etiopía a Gola y Ghana.

Tallos: de 7.5 a 15 mts de altura por 6.5 a 8.5 cm de diámetro.

Empleo: General.

52.- *Oxytenanthera albociliata*: Phai Rai, Phai Khai,

(Siamés).

Tailandia.

Tallos: de 7 a 10 mts de altura por 1.5 a 3 cm de diámetro; paredes de 0.5 a 1 cm de espesor; internodios de 15 a 40 cm

Empleo: general.

53.- *Oxytenanthera nigrociliata*: Podah (Andaman),

Washut (Garo), Bolantgi Bans (Orissa), Lengha (Java), Phai Phak (Siamés).

India, Islas Andaman, Birmania, Java, Sumatra y Tailandia.

Tallos: de 9 a 12 mts de altura por 1.25 a 5 cm de diámetro.

Empleo: General.

54.- *Phyllostachys Aurea*: Buddha Bamboo, Hotei-

Chiku (Japonés), Fat-to Chuk (chino).

China y Japón. Ahora se cultiva en casi todo el mundo, en zona templada. Probablemente es el bambú exótico más común después de la Bambusa vulgaris.

Tallos: de 7.5 mts de altura por 2.5 cm de diámetro.

Empleo: Adecuado para elementos ligeros en la construcción de casas.

55.- *Phyllostachys bambusoides*: Giant Timber Bamboo, Madake (Japonés), Kuei Chu, Kam Chuk (chino).

China y Japón. Cultivado en otros países.

Tallos: hasta 22.5 mts de altura por 1.5 cm de diámetro; recto; sustancia leñosa de espesor mediano de excelente calidad.

Empleo: General: En China, numerosas especies de este género se usan mucho en la construcción de casas.

56.- *Phyllostachys edulis*: Meng Tsung Ch (chino).

Taiwán.

Tallos: de 4 a 20 metros de altura por 5 a 18 cm de diámetro.

Empleo: General; andamiaje.

57.- *Pseudostachyum polymorfum*: Filing (Nepal), Purphioik, Paphok (Lepcha), Wachall (Garo), Bajal, Tolti, Nal (Assam), Bawa (birmano).

India (Himalaya oriental, Assam y Sikkim) y Birmania Superior

Tallos: Hasta 15 mts de altura por 2.5 cm de diámetro; internodios largos de paredes delgadas.

Empleo: listones, trenzados, y tiras para sujetar la estructura de las cabañas.

58.- *Schizostachyum brachycladum*: Buloh Nipia, Buloh Lemag, Buloh Padi, Buloh Urat Busa, Buloh Pelang (malayo).

Tallos: hasta 8 cm de diámetro; de paredes delgadas, muy recto, fácil de dividir y aplanar.
Empleo: muros y suelos de casas.

59.- *Schizostachyum hainanense*: Tang Chuk (chino) Isla de Hainan.

Tallos: hasta 30 metros de altura por 2.5 cm de diámetro; internodios largos de paredes delgadas.

Empleo: listones y trenzados.

60.- *Schizostachyum lima*: Anos.

Filipinas: Luzón, Mindoro, Palawan, Mindanao.

Tallos: de 6 a 10 mts de altura por 2.5 a 4.8 cm de diámetro; paredes: de 0.3 a 0.5 cm.; internodios, de 80 cm a 1 metro.

Empleo: trenzados, tiras y listones delgados.

61.- *Schizostachyum lumampao*: Lakap (Bosayan).

Tamblang (Bila-a), Buho.

Filipinas: Luzón, Penay.

Tallos: de 12 a 15 mts de altura por 7.5 a 9 cm de diámetro. Paredes de 0.4 a 0.6 cm de espesor.

Internodios de 30 a 40 cm.; recto.

Empleo: tableros.

62.- *Schizostachyum zollingeri*: Buloh Tulo, B. Telor, B. Pelang, B. Nipis. B. Dinding, B. Pauh, B. Kasap, B. Lemang, Phai Po (siamés).

Indonesia, Malasia y Tailandia.

Tallos: hasta 15 mts de altura por 10 cm de diámetro. Paredes delgadas, internodios comunmente hasta 40 cm. Fácil de escindir y aplanar.

Empleo: muros y suelos de casas.

63.- *Teinosstachyum dulloa*: Dolu (Bengali), Dulooa (Assam), Paksalu, Pogslo, Wadru, Gyawa.

India (Assam) y Pakistán oriental.

Tallos: de 6 a 9 mts de altura por 2.5 a 7.5 cm de diámetro; internodios hasta de un metro de longitud; paredes delgadas.

Empleo: en listones y trenzados.

64.- *Thyrsostachys oliveri*: Thanawa (birmano),

Maitong (kachin), Phak Ruak (siamés).

India, Birmania superior y Tailandia. Hasta 600 mts de altitud.

Tallos: hasta 25 mts de altura por 5 a 8 cm de diámetro; de paredes algo delgadas; internodios de 30 a 60 cm de longitud.

Empleo: General.

65.- *Thyrsostachys siamensis*: Mai Ruak, Mai Huak (siamés), Kyaungwa.

Tailandia y Birmania.

Tallos de 7.5 a 12 mts de altura por 6.25 a 8.5 cm de diámetro; paredes gruesas; internodios de 10 a 12 cm de longitud; muy fuerte y recto.

Empleo: General

ANEXO II

Aquí presentamos en forma amplia los procedimientos para la protección y preservación del bambú, los cuales han sido probados ampliamente en varios países, sobre todo en la India:

2.1.- LIXIVIACIÓN CON AGUA

El tratamiento de protección más común para proteger el bambú contra los coleópteros Bostrichidae y Lictyidae, (véase la figura A-2.) es lixiviar el almidón, azúcar y otras sustancias hidrosolubles de los vástagos recién cortados sumergiéndolos en agua. La eliminación del almidón y los azúcares hace que los bambúes no atraigan a los insectos.

Se ha registrado la aplicación con éxito de este tratamiento en la India, Birmania, Fiji, Jamaica y otros países. El bambú debe quedar completamente sumergido en el agua, lastrado si es necesario, por períodos que oscilan entre tres días y tres meses para el bambú recién cortado y dos semanas más para el bambú parcialmente seco. El agua corriente da mejores resultados.

El agua estancada a veces hace que el bambú quede manchado. La inmersión en agua de mar parece ser satisfactoria si no existen horadores marinos.

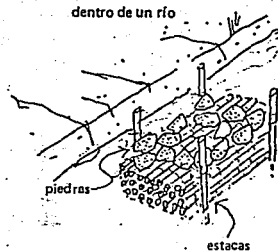


Fig. A-2.1. Tratamiento de lixivación con agua.

otra manera de preparación se logra dejando los troncos cortados y sin hojas en agua de algún riachuelo. Se dejarán por lo menos 4 semanas.

Para mantenerlos en su lugar se colocan algunas estacas y se ponen algunas piedras encima, para que los troncos queden sumergidos.

2.2.- LECHADA DE CAL Y OTROS REVESTIMIENTOS

En Indonesia los constructores emplean una variedad de revestimientos, como alquitrán, lechada de cal, mezcla de alquitrán y lechada de cal, y alquitrán salpicado de arena, pero tales tratamientos solo resultan eficaces en la medida en que proporcionen un revestimiento permanente en las superficies de los cortes, internodios expuestos, excoriaciones y fisuras.

Las paredes interiores de los internodios que hayan quedado abiertas por grietas en el bambú no pueden quedar protegidas eficazmente.

2.3.- CEPILLADO, FROTADO, ROCIADO E INMERSIÓN

Estos tratamientos de superficie se aplican cuando el bambú está todavía almacenado o antes de que se le someta a tratamientos de impregnación. puede utilizarse también en aquellos lugares donde el peligro de deterioro biológico no es grave.

Para la protección temporal del bambú se han recomendado varios productos químicos: la *dieldrina* al 0.054 o la *aldrina* al 0.15%, en emulsión acuosa, ofrece una protección casi completa contra los coleópteros *Diorderus* durante más de un año.

Aún más eficaces son: el DDT del 7 al 10% en aceite de queroseno y el BHC, al 0.24%. Cuando el bambú se halla apilado se recomienda que la aplicación se haga por pulverización.

asi: *dieldrina*, una parte; *pentaclorofenol*, 4 partes; agua, 75 partes y *tenanato de cobre* (Cu, 1%) una parte.

En el Japón se han utilizado también compuestos de mercurio y estaño para la protección contra los insectos horadores y los hongos respectivamente.

2.4.- IMPREGNACIÓN

El método de tratamiento más barato y más sencillo es la preservación por impregnación. Los tallos, preferiblemente verdes, tienen que quedar sumergidos en una solución de substancia conservadora por un período de 5 semanas o más, según la especie, edad, grosor y absorción que haya de conseguirse.

Si el bambú va a utilizarse en lugares donde va a estar en contacto con el suelo, se necesitará un período más largo de maceración. Con la maceración se puede obtener una absorción adecuada en cantidad y profundidad. El inconveniente principal es el largo período de tiempo necesario.

Con el bambú partido, el período de maceración puede reducirse del 33 al 50%. La penetración de la pared interior y exterior puede llegar al 100%. Si se rompe la cutícula exterior se emplea una temperatura elevada se puede acelerar la penetración.

Será útil perforar con una barrena el tabique nodal, cuando sea posible, para conseguir un tratamiento mejor y más rápido. Los coeficientes de difusión parecen ser distintos para las diferentes especies de bambú. Se ha comprobado que la

absorción de la substancia conservadora está en proporción directa con la profundidad de la penetración.

El método de maceración puede especificarse globalmente en el tratamiento del bambú para todos los fines. Es necesario poco equipo y escasos conocimientos técnicos, siempre que se prepare cuidadosamente el plan de tratamiento, como el tipo de substancia conservadora, su concentración y período de maceración.

2.5.- PROCEDIMIENTO BOUCHERIE

Si el bambú va a emplearse en su forma cilíndrica con los tabiques internodales intactos, el procedimiento de tratamiento Boucherie es el más eficaz.

En el procedimiento Boucherie normal, la substancia conservadora penetra en los vástagos por la fuerza de la gravedad desde un recipiente situado a una altura de unos 10 metros, por medio de tubos. Se ha perfeccionado este método con la aplicación de una sencilla bomba manual que inyecta aire a presión en un recipiente con substancia conservadora, colocado en el suelo. Esto reduce considerablemente el período de tratamiento.

Se ha adaptado el procedimiento Boucherie modificado para el tratamiento de varios tallos al mismo tiempo. (Véanse las figuras).

El recipiente utilizado para contener la solución del tratamiento (la cual debe ser de tipo hidrosoluble) se coloca en la parte baja con tubos laterales dotados de

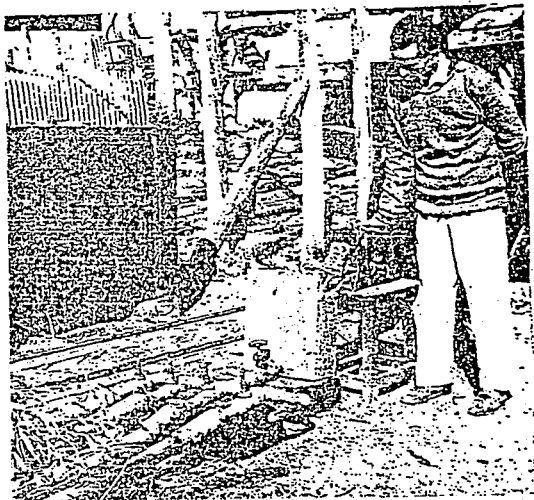
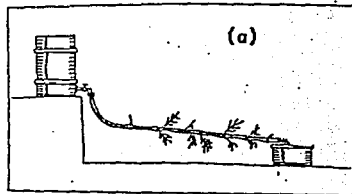


Fig. A.2.6. Procedimiento Boucherie



llaves y tubos de goma a los cuales se conectan los tallos verdes del bambú sin quitarles las ramas. Para conseguir un contacto hermético entre los tubos de goma y los tallos de bambú, se emplean abrazaderas metálicas u otros dispositivos. El tanque lleva también un tapón de tuerca al que se adapta una válvula tubular de automóvil. Se llena el tanque hasta el nivel de dos tercios de su capacidad con la solución de tratamiento y después de haber apretado el tapón, se inyecta aire a través de la válvula a una presión de 1.0 a 1.4 kg/cm².

Con esta presión, el líquido de tratamiento impulsa hacia el extremo abierto la savia de las paredes y los tabiques transversales y la reemplaza transcurrido el tiempo debido. Después de unos pocos experimentos preliminares, se puede determinar la concentración requerida de la sustancia conservadora. El líquido de preservación que refluye del bambú puede ser utilizado de nuevo después de darle la concentración y pH necesarios. Puede diseñarse equipo del método Boucherie para el tratamiento simultáneo de 500 o más tallos de bambú. Las instalaciones son de fácil transporte y se pueden utilizar incluso en la selva.

En el anexo II A se da una relación de las sustancias conservadoras adecuadas para la aplicación del procedimiento Boucherie. No obstante, el procedimiento solo es aplicable a bambúes recién cortados, y para que el tratamiento resulte satisfactorio, la recolección ha de hacerse exclusivamente en la época del año en que los vasos del tallo se encuentran llenos de savia. No se pueden tratar con este método los bambúes hipermaduros.

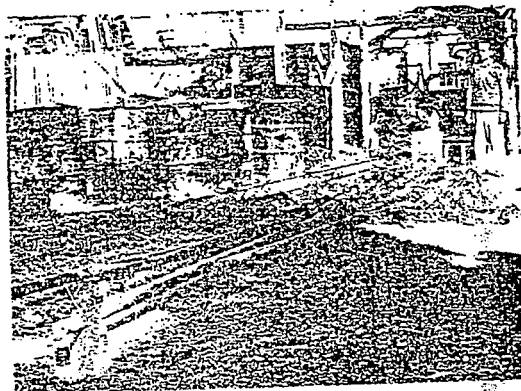
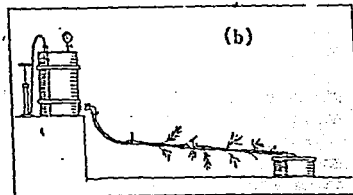


Fig. A.27. Procedimiento Boucherie modificado.



2.6.- MÉTODO DE IMBIBICIÓN ("STEPPING")

Cuando solo han de someterse a tratamiento unos cuantos tallos podría emplearse el procedimiento Boucherie, tal como fue establecido en su origen. El procedimiento de imbibición más conocido como método "stepping", consiste en dejar los tallos recién cortados, con su copa y sus ramas, en un recipiente donde se halla la solución de sustancias conservadoras hasta una profundidad de 30 a 60 cm.

Al transpirar humedad las hojas, la solución es atraída hacia arriba del vástago. El período de tratamiento depende de la especie, longitud de los tallos, el clima y la sustancia utilizada. Para conseguir una penetración completa pueden necesitarse de una a dos semanas.

2.7.- MÉTODO DE CASQUETE

Para el tratamiento de pequeñas cantidades de bambú pueden utilizarse sencillas adaptaciones del procedimiento Boucherie. Por ejemplo, al extremo inferior del bambú puede adaptarse un trozo de cámara de bicicleta o de la cámara de un neumático de automóvil, atado con hilo o cuerda, para que sirva como depósito de la solución de sustancia conservadora. Se vierte luego en el tubo la sustancia conservadora, manteniendo el bambú convenientemente inclinado con el extremo inferior hacia arriba. El internodio de la base del tallo puede utilizarse como depósito para la solución de la sustancia conservadora. Para facilitar la penetración de la solución se practica una incisión en el tabique interior del bambú.

2.8.- PROCEDIMIENTO DE BAÑO CALIENTE Y FRÍO.

Cuando no se dispone de instalaciones para la impregnación por presión, puede utilizarse también para el bambú seco al aire el procedimiento de baño caliente y frío o de tanque abierto, similar al que se emplea para el tratamiento de la madera.

Con el fin de facilitar la penetración y evitar el resquebrajamiento de las paredes, los tabiques nodales se horadan por completo; se sumerge luego el bambú en un tanque con la sustancia conservadora que se puede calentar directamente sobre el fuego o indirectamente por medio de serpentines de vapor introducidos en el tanque.

Se hace subir la temperatura del tanque a 90°C aproximadamente y se mantiene a esa temperatura por el período deseado; después se deja enfriar. Con el empleo de este método se ha registrado una absorción de creosota de 70.4 kg/m³.

Cuando se utilizan sustancias conservadoras de tipo solidificable que pueden precipitarse con el calor, es mejor calentar rápidamente los bambúes en agua y sumergirlos después en un tanque que contenga una solución fría de la sustancia conservadora.

Cuando se emplean sustancias conservadoras con solventes orgánicos como el pentaclorofenol, debe calentarse el bambú en un líquido con la especificación adecuada para pasarlo después a un tanque con la sustancia conservadora en frío.

ANEXO II A

SUSTANCIAS CONSERVADORAS RECOMENDADAS PARA DIFERENTES USOS FINALES DEL BAMBÚ

Uso final del bambú	Sustancias conservadoras recomendadas a/ Bambú seco	Bambú seco	Concentración de la sustancia conservadora (porcentaje)	Carga del producto químico en seco en el bambú (kg/m ³)	Tratamiento propuesto	Años de vida útil previstos
Utilización al aire libre y en contacto con el suelo (por ejemplo, pilotes, cercas o empalizadas, etc.)	a		—	60 a 120	Tanque abierto para el procedimiento de presión.	15
	b y c		6 a 8	8 a 12	Procedimiento de presión	
	—	b	6 a 8	5 a 8	Procedimiento Boucherie modificado, de 6 a 8 horas, o maceración de 25 a 40 días.	
Utilización al aire libre pero no en contacto con el suelo (por ejemplo, puentes, andamiajes, escaleras, etc.)	a		—	40 a 60	Inmersión caliente o tanque abierto o procedimiento de presión.	15
	b y c	—	5	5 a 8	Procedimiento de presión.	
	o	b y	5 a 8	5 a 8	Procedimiento Boucherie modificado, de 4 a 6 horas, o maceración de 20 a 25 días.	
Utilización a cubierto: a) construcción de casas, muros, armaduras de cubiertas, listones, travesaños, palos de tendas, etc.	a	—	—	32 a 48	Inmersión caliente o tanque abierto o procedimiento de presión.	20 a 30
	b y c	—	4	4	Procedimiento de presión.	
	d, e y f	—	6	8	Procedimiento de presión.	
	b y c	—	4	4	Procedimiento Boucherie modificado, por 4 horas, o maceración de 15 a 20 días.	
	f	d, e y	6	8	Procedimiento Boucherie modificado, por 4 horas, o maceración de 15 a 20 días.	
b) Lámparas, techos, puertas y paneles de puertas, mobiliario, etc.	b y c	—	3	3	Procedimiento de presión.	10
	d, e, f, g	—	5	5	Procedimiento de presión.	
	y h	b y c	3	3	Procedimiento Boucherie modificado, de 2 a 3 horas, o maceración de 8 a 12 días.	
Tratamiento profiláctico: Bastidos verdes, incluidos los bastidos enteros y divididos para un tratamiento posterior completo, después del secado al aire	i y j	—	—	—	Inmersión por 5 minutos.	10

a/ Las letras que aparecen en esta columna hacen alusión a la lista de sustancias incluida a continuación.

Lista de sustancias conservadoras

a. Creosota de alquitrán de hulla y petróleo, 50:50 en peso.

En zonas con un alto coeficiente de infestación de termitas es preferible añadir dieldrina al 1% y en las de alto coeficiente de deterioro, pentaclorofenol al 1 %.

b. Composición de cobre - cromo - arsénico (Ascu).

Una composición característica de esta sustancia conservadora consiste en sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), pentóxido de arsénico (As_2O_5) y bicromato de sodio y potasio ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ó $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) en la proporción 3 : 1 : 4.

c. Composición ácido - cúprico - cromato (Celcure).

Una composición característica de esta sustancia conservadora consiste en 1,68 partes de cromo (Cr_2O_3) (equivalente a 2,5 partes de bicromato de sodio), 50 partes de sulfato de cobre y 47,5 partes de bicromato de sodio.

d. Composición de cobre - cromo - ácido bórico.

Consiste en ácido bórico (H_3BO_3), sulfato de cobre y bicromato de sodio o de potasio en la proporción 1,5:3:4.

e. Composición de cobre - cromo - zinc - arsénico.

Una composición característica de esta sustancia consiste en 28 partes de ácido arsénico (H_2AsO_4 ,

$\frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$), 25 partes de arseniato de sodio ($\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$), 17 partes de bicromato de sodio y 30 partes de sulfato de zinc ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

f. Cloruro de zinc cromado.

Consiste en cloruro de zinc (ZnCl_2) y bicromato de sodio o potasio en la proporción 1 : 1.

g. Ácido bórico - bórax; 2,5% de cada producto.

h. Naftenato de cobre y naftenato de zinc.

Son sales del ácido naftémico y deberán contener, respectivamente, un 0,5% de cobre y un 3% de zinc, en peso.

i. Emulsión de dieldrina y pentaclorofenol.

Concentrado emulsionable de dieldrina al 18%, 1 parte; concentrado emulsionable de pentaclorofenol al 12%, 4 partes; agua, 75 partes, en peso. Se podía añadir naftenato de cobre (1% de cobre), en forma emulsionable, 1 parte en peso.

FALTA PAGINA

N 18 a la.....

ANEXO III

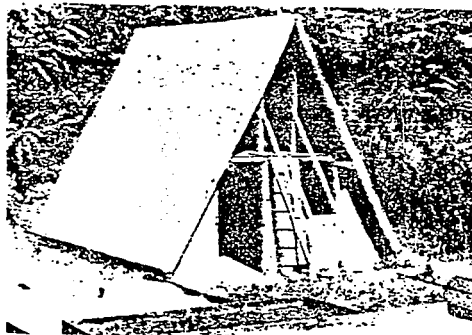
3.- LA ESTRUCTURA PROPUESTA TIPO "A" UTILIZADA EN UNA PLANTA BENEFICIADORA DE CAFÉ

Para construir apropiadamente una planta beneficiadora de café se requiere que el constructor tenga una idea muy clara, tanto de la función que está va a prestar como de la disposición lógica de los elementos o maquinaria que se deben emplear, con el fin de que el proceso que allí se realice sea continuo y no haya interferencia entre las distintas actividades a realizarse ahí.

A continuación se hace una descripción muy resumida del proceso de beneficio del café, complementada con el corte longitudinal de la planta beneficiadora tipo-"A", en el que se señalan las diferentes operaciones que ahí se realizan.

El beneficio se inicia con la recolección de los frutos maduros en el cultivo. Ese mismo día son transportados a una planta beneficiadora donde se efectúan las siguientes actividades:

a) Despulpado: Al llegar los frutos a la planta beneficiadora se depositan en la tolva "A" (ver fig.A.7), localizada en el segundo piso, de donde pasa a la



máquina despulpadora "B", localizada en el piso de abajo. Esta máquina tiene la función de separar la cáscara del grano de café. Sus dimensiones y características dependen del volumen de producción que se tenga.

b) Fermentación: Una vez despulpado el fruto, los granos de café pasan a los tanques de fermentación "C", donde se descompone el mucilago que cubre a la semilla. Una vez descompuesto, se disuelve en agua y se elimina por medio del lavado. Esta operación dura entre 12 y 13 horas. Si dura más, puede rebajar la calidad de la bebida.

c) Lavado: Cuando el café está en el punto adecuado de fermentación, o sea cuando está "cortado", se procede inmediatamente al lavado, para el que se usan los mismos tanques de fermentación cuando las cantidades de café no son muy grandes.

Però el lavado más aconsejable es el que se efectúa en tanques de fermentación con canal de lavado "D". En este caso se llena de agua el tanque de fermentación y se abre la salida del fondo para que el café pase por gravedad arrastrado por el agua, al canal de lavado "D", donde se revuelve con una pala de madera, hasta que los granos más pesados, de mejor calidad queden en el fondo, y los vanos sin almendra, floten.

d) Ya lavado el café, se deja escurrir completamente en los tanques o en el canal, después de lo cual se pasa a los patios para ser secado al sol.

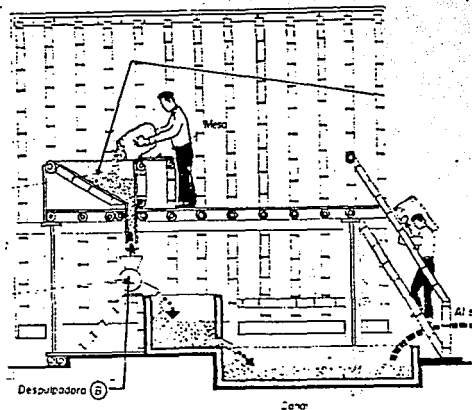


Fig. A3.1. Corte longitudinal de la planta beneficiadora en el que se muestran las diversas operaciones del

3.1.- CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA BENEFICIDORA DE CAFÉ.

Para el estudio de una planta de beneficio de café, se toman en cuenta tres características principales: Adaptabilidad a las necesidades del cafecultor, bajo costo y fácil construcción.

La planta beneficiadora tipo "A", ha sido diseñada para construirse en pequeñas fincas cafetaleras que tengan una producción inicial anual de 500 quintales de café, pero dispone del área suficiente para duplicar su capacidad, o sea, llegar a los 1000 quintales de café cuando esto se estime conveniente.

Su espacio interior se ha aprovechado en tal forma, que además del área para las instalaciones de beneficio, dispone de un depósito de herramienta y tres mesas para la selección o escogida del grañó, y que por las noches pueden ser utilizadas como camas, lo que permite albergar a tres trabajadores temporales en la época de cosecha.

En épocas distintas a la de cosecha, la planta beneficiadora puede ser utilizada con otros fines, tales como vivienda, taller, galpón para aves, etc. Con este fin los tanques de fermentación han sido diseñados para ser desplazados a otro lugar cuando no estén en uso y así contar con más espacio.

En general en todas las zonas cafetaleras existen bambuaceros esto mismo sucede en el estado de Chiapas, razón por lo que el costo de este material en estas localidades es bajo, lo mismo que su transporte.

En esta construcción se emplean técnicas tradicionales y sencillas que el campesino conoce, por lo que no necesita contratar los servicios de maestros de obra o albañiles.

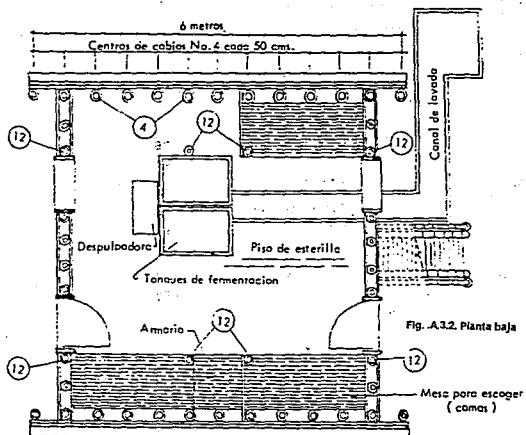


Fig. A.3.2. Planta baja

No requiere de acabados costosos, ya que tanto el piso como las paredes pueden hacerse de tableros de bambú, sin recubrir y utilizarse como cubierta o techo una sola capa de tela asfaltada pegada sobre los tableros.

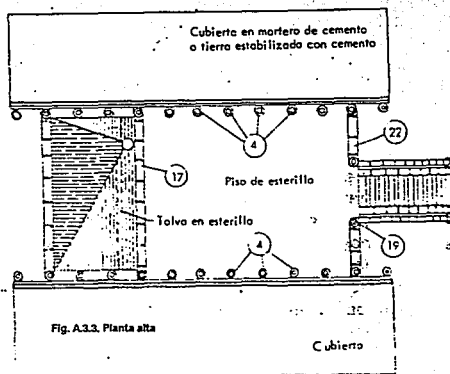
Para reducir aún más los costos se ha desarrollado una nueva técnica en la fabricación de los tanques de fermentación, empleando para ello canastos de bambú recubiertos con mortero de cemento, que los mismos campesinos pueden construir.

En la construcción de la estructura, (sin incluir las paredes) sólo se emplean 5 elementos estructurales de diferentes dimensiones que se repiten. esto quiere decir que no es necesario cortar muchas piezas de diferentes dimensiones para armar la estructura. Por otra parte, cuando se quiere hacer una ampliación en la capacidad de la planta de beneficio, no es necesario realizar modificaciones complicadas en su estructura.

3.2.- NORMAS DE CONSTRUCCIÓN

a) El sistema de construcción de la planta de beneficio tipo "A" que aquí se describe, se ha aplicado solamente a la guadua colombiana, pero en caso de que se requiera construir esta estructura con otro tipo de bambú, se deben probar estos materiales antes de iniciarse la construcción definitiva y si es necesario, revisar y proponer diferentes tipos de empalmes o uniones.

b) La construcción de la planta de beneficio de café, tipo "A", debe hacerse de acuerdo a las dimensiones que se indican en plantas y cortes, y siguiendo el orden y las especificaciones de las distintas etapas de construcción.



c) Debido a lo variable de las dimensiones del bambú, no es posible indicar en los dibujos medidas exactas entre los elementos estructurales, por lo que sólo se indican las dimensiones más importantes entre ejes o entre algunos bordes superiores, inferiores o entre los laterales. Las otras medidas son resultantes del grosor o diámetro del bambú que se utilice.

d) Para los elementos estructurales sólo deben emplearse bambúes maduros o mayores de tres años, con un diámetro promedio no menor a 10 cm., que hayan sido previamente curados, secados y, si es posible, inmunizados. En ningún caso deben usarse bambúes atacados por insectos.

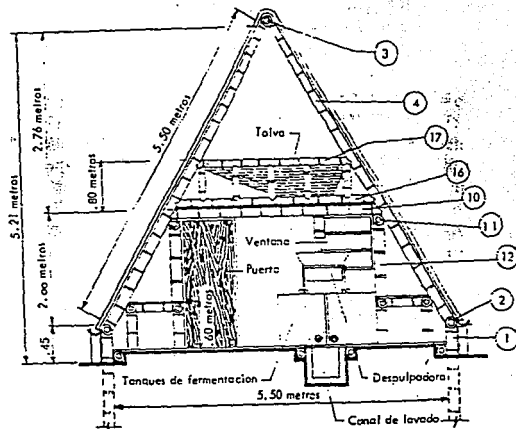
e) Donde sea posible, todas las uniones deben clavarse con clavos hasta de 3 pulgadas, y luego asegurarse con amarres hechos con alambre galvanizado, aunque esto no se indique en los dibujos.

f) Debido a la variación del diámetro en un mismo bambú, cuando se coloquen éstos horizontalmente, deben nivelarse por su lado superior y no por el inferior.

g) En la construcción de paredes de bajareque, los largueros de bambú deben de colocarse a plomo y alinearse por el lado exterior, usando para esto, un hilo inferior y otro superior, que se fijan a los largueros extremos previamente plomeados y alineados.

No se recomienda hacer coincidir el centro de los largueros de bambú con el centro o eje de los muros, a no ser que todos los bambúes sean iguales de diámetro; de lo contrario, unos quedarán más salientes que otros, siendo necesario colocar a los lados de los bambúes más

Fig. A. 3.4. Corete transversal.



delgados rellenos de tiras o cintas de bambú con el fin de nivelar la superficie de los tableros o esterillas.

En cambio, si se alinean los largueros por el lado que va a quedar como pie derecho, sólo es necesario corregir los defectos por el revés de la pared.

h) Para cortar una serie de piezas de una misma longitud, debe cortarse primero una tira o cinta de bambú con la dimensión indicada y en base a ella cortar las piezas que sean necesarias, no es conveniente usar la pieza que se corta como medida de la siguiente porque existe la tendencia de ir las alargando o acortando y puede echarse a perder el trabajo.

i) Antes de iniciar la construcción de la planta beneficiadora de café, el constructor debe estudiar detenidamente los planos y formarse una idea muy clara del sistema constructivo y de la colocación de las diferentes piezas.

3.3.- ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA BENEFICIADORA DE CAFÉ.-

ETAPA No.1: LOCALIZACIÓN, LIMPIEZA Y TRAZO.

a) La planta beneficiadora debe construirse en una zona próxima a una fuente de agua y lo más cercano posible a la vivienda del cafecultor.

b) Una vez localizado en la finca el lugar más apropiado para construir la planta beneficiadora, se delimita con cuatro estacas un área de 10M de ancho por 12 de longitud, la cual se limpia completamente de hierbas, arbustos, raíces, etc. Si el terreno tiene

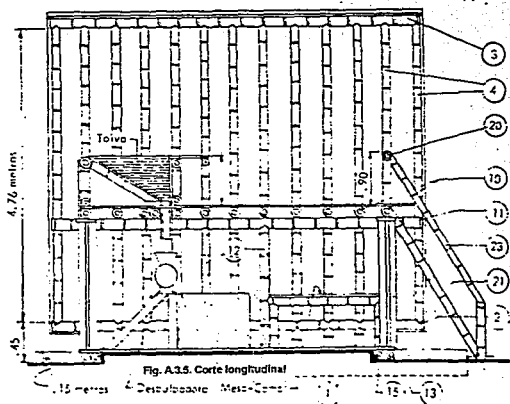


Fig. A.3.5. Hechura de empalmes con serrucho, segueta o machete.



estaca C, por el lado interno del hilo. Esta estaca, al igual que las otras, debe ser de madera aserrada, de .8M de longitud, para que una vez clavada, sobresalga del suelo .6M. Al colocarse debe quedar muy bien plomeada por el lado externo.

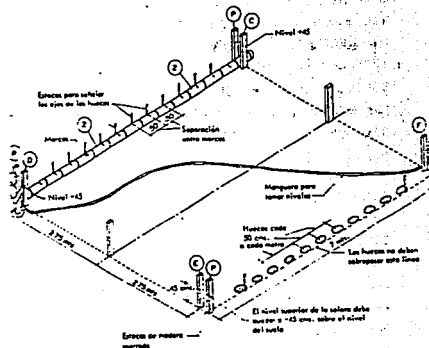
A partir del borde externo de la estaca C, o sea, el que queda más próximo a la estaca A, se miden 7 M y se coloca la estaca D, de tal forma que dicha medida coincida con el borde externo de la estaca, o sea el más próximo a la estaca D.

Para trazar las líneas C-F y D-E, perpendiculares a C-D, se procede de la siguiente forma:

A partir del borde externo de la estaca C y en dirección C-D, se toma una distancia de 3 metros y se clava una estaca delgada G. luego se cortan tres tiras delgadas de bambú bien derechas con las siguientes longitudes: Una de tres metros, otra de 4 y la tercera de 5M; con ellas se forma el triángulo o escuadra de albañil como se indica en el dibujo. En el vértice formado por las tiras de 4 y 5 metros, o sea en el punto de donde se toquen los extremos de éstas, se clava la estaca delgada H.

Luego se amarra de la estaca C el extremo de un hilo que tenga más de 6 metros de longitud y se temple de tal manera que toque ligeramente la estaca H. Sobre este hilo se toma, a partir del borde externo de la estaca C, una longitud de 5.5 m hasta el borde externo de la estaca F. En igual forma se procede para localizar la estaca E. Para comprobar si las estacas C. D. E. F, están bien colocadas, la medida diagonal entre las estacas C y D debe ser igual a la tomada entre D y F.

Fig. A.3.8. Excavación y nivelación.



FALLA

ETAPA No.2: EXCAVACIONES Y NIVELACIONES

a) Los soportes o piezas no. 1 de los planos sólo se emplean cuando la planta beneficiadora se construye directamente sobre tierra aplanada, y tienen como función sostener la estructura del techo y separarla del suelo para evitar que se pudra. Estas piezas van semienterradas y por ello es conveniente impregnarlas con asfalto.

Si la planta se construye en terreno inclinado donde es muy difícil hacer un relleno o nivelación, previamente debe construirse una plataforma de bambú al nivel del acceso, sobre la cual se apoyarán directamente las soleras o piezas No.2. Por consiguiente, no es necesario usar las piezas No.1.

El número total de soportes o piezas No. 1 que se requieran en cada hilera depende: del peso del material que se vaya a usar como cubierta (tejas, mortero de cemento, paja, etc.), del diámetro o espesor de la pared de los bambúes de que se disponga, como también de la resistencia del suelo a 1 metro de profundidad.

En este caso se ha considerado la condición más desfavorable y por ello se indican en cada hilera 11 soportes o piezas No. 1 colocadas a 50 cm de distancia entre centros. Sin embargo, si se dispone de bambúes de gran diámetro y de un suelo de buena resistencia, se pueden suprimir los soportes intermedios dejando un total de 6 soportes por hilera con una separación de 1 metro entre centros.

b) Una vez que se decida sobre la cantidad de soportes número 1 que se van a colocar, se localizan en el terreno igual número de huecos, indicando su eje o centro con ayuda de una cinta métrica, o en su lugar

Fig. A.3.9. Colocación de estacas clavadas y plomeadas.



DE ORIGEN

usando las piezas No. 2 en las cuales previamente se han indicado marcas a cada 50 cm., en cada una de las cuales se asegurará posteriormente el extremo inferior de los largueros No. 4. Tanto la preparación de las piezas No. 2 como la colocación de las marcas se hacen así:

Las piezas No. 2 que se requieren deben cortarse cada una con una longitud total de 7.5 M., de la parte inferior de un tallo que tenga paredes gruesas. Sus diámetros extremos deben ser iguales y en lo posible de una dimensión un poco menor que la de los soportes N. 12 para que encajen bien en éstos.

Una vez cortadas se indica con lápiz la primera marca a 25 cm. de uno de sus extremos y a partir de ésta, las marcas se colocan a cada 50 cm., hasta completar un total de 15 marcas, de las cuales las trece intermedias corresponden a trece largueros.

Una vez marcadas las dos piezas que se requieren se colocan respectivamente por el lado externo de las estacas C-D y E-F, teniendo el cuidado de colocar los dos extremos de menor diámetro hacia el mismo lado, y de hacer coincidir las dos marcas extremas con los bordes externos de las estacas, cuya separación es de 7.5 M. y por lo tanto deben corresponder.

Hecha esta operación se aseguran las piezas No. 2 contra las estacas principales con la ayuda de las estacas P, y se procede a marcar los ejes de los huecos colocando estacas pequeñas al lado externo de las marcas indicadas en las piezas No. 2.

Al marcar el eje de los huecos debe tenerse en cuenta que cualquiera que sea el número de soportes que se decida colocar, el primero y el último soportes de cada

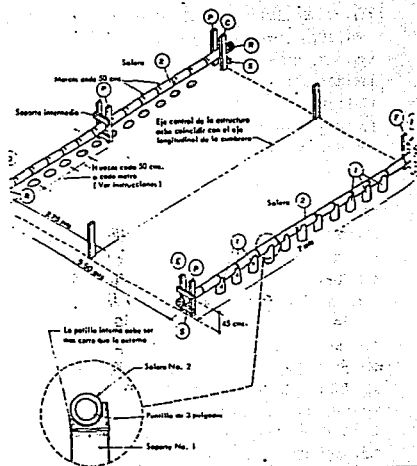


Fig. A.3.10. Colocación de las piezas No. 1 y No. 2.

hilera deben corresponder a la tercera marca, contada a partir de cada extremo.

La segunda y penúltima marcas corresponden al primero y último de los largueros y o llevan soporte inferior por corresponder al borde del alero; y la primera y la última marcas, como se anotó antes, deben corresponder con los bordes de las estacas.- Después de localizados los huecos, se quitan las soleras y se procede a su excavación, la cual debe hacerse a una profundidad no menor a un metro.

la última operación de esta etapa consiste en marcar sobre el lado externo de todas las estacas, con excepción de la A y B, el nivel superior de las soleras, el cual debe quedar a 45 cm sobre el punto más alto del suelo. Esta altura o nivel se toma primero en una de las estacas, por ejemplo de la D, luego, con ayuda de una manguera de plástico transparente llena de agua, se pasa este nivel a las otras estacas principales y auxiliares. En ningún caso debe tomarse esta altura separadamente en cada estaca, pues de haber alguna inclinación en el terreno, las soleras quedarían desniveladas.

ETAPA No.3: COLOCACIÓN DE LAS PIEZAS No.1 y No.2.

1.- Una vez excavado los huecos se colocan nuevamente las piezas No. 2 en la misma posición que se indicó en la etapa 2. En el centro de cada una de las piezas No. 2 se coloca un soporte adicional con dos estacas P, como se observa en el dibujo. Con ayuda de la manguera se indica en ellas el nivel más 45

Fig. A.3.11. Nivelación de dos puntos con manguera.

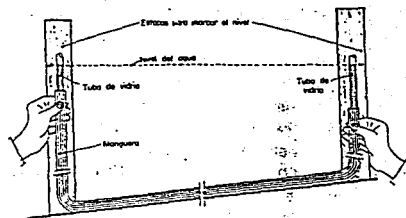
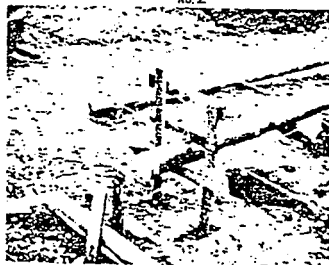


Fig. A.3.12. Forma de sujetar las piezas No. 2.



centímetros que se marcó anteriormente en todas las estacas principales.

2.- En la parte superior de las estacas se clava horizontalmente un listón R de madera, en tal forma que el borde inferior del listón coincida con las líneas del nivel más 45 centímetros, marcadas en cada una de ellas.

3.- Después de clavados los listones R, entre dos personas se eleva al mismo tiempo la pieza No. 2, hasta que su parte superior tope con el listón R sin presionarlas demasiado para no arrancarlas estacas. Mientras se sostiene en esta posición, una tercera persona clava por debajo del bambú otro listón horizontal S que tiene por objeto sostener los bambúes. Esta operación se hace primero en el soporte del centro y luego en los extremos.

4.- Una vez que las soleras No. 2 quedan fijadas en la posición elevada con ayuda de latas delgadas de bambú, se toma la medida entre la parte inferior de la solera y el fondo de cada excavación. De acuerdo a cada una de estas medidas se cortan las piezas No. 1.

Es importante tener en cuenta que los soportes deben ser cortados de la parte basal de cada bambú y en lo posible su diámetro debe ser un poco mayor que el de las piezas No. 2 para que éstas puedan encajar bien. Por otra parte es necesario tener presente al cortar estas piezas, de dejar un nudo en la parte inferior, con el fin de aumentar su capacidad de soporte.

5.- Una vez cortados los postes, deben impregnarse con asfalto caliente (190°), totalmente o hasta una altura de 20 cm por encima del suelo, después de lo cual se introduce cada poste en el hueco correspondiente y se fija a la solera con puntilla de 3 pulgadas y alambre.

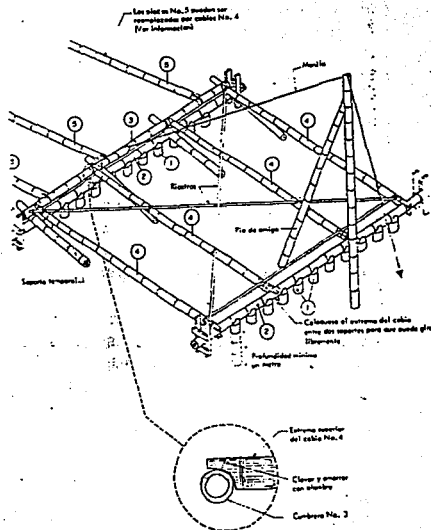


Fig. A3.13. Levantamiento de las piezas No. 2.

ETAPA No 4: ERECCIÓN DEL TECHO

1.- Colocadas y aseguradas las piezas No. 1 y 22 se procede a la construcción de la estructura del techo, la cual puede hacerse den dos formas: La primera de ellas consiste en colocar la cumbrera No. 3 en sus posición elevada, sostenida por una serie de soportes centrales, después de la cual se colocan y aseguran los travesaños No. 4.

La otra forma consiste en elevar la cumbrera en su posición elevada, fijándola primero, al nivel del suelo, al extremo superior de cuatro travesaños, formando un marco, el cual se hace girar en el apoyo de los travesaños sobre la solera No. 2 hasta que la cumbrera llegue al centro por donde se fija por el lado opuesto utilizando piezas auxiliares No. 5 que tienen igual longitud que los travesaños pero diferente empalme, como puede verse en los dibujos.

2.- La cumbrera No. 3 debe tener el mismo diámetro y longitud de las piezas No. 2 y marcarse en igual forma que éstas, o sea cada 50 cm con el fin de facilitar posteriormente la colocación del extremo superior de los travesaños No. 4. Al colocarse la cumbrera debe tenerse el cuidado de que su extremo de menor diámetro quede hacia el mismo lado de los extremos de menor diámetro de las piezas No.2.

3.- Los travesaños No. 24 (26 en total), deben cortarse de bambúes que tengan en lo posible el mismo grosor, con una longitud total de 5.8 M. La longitud útil de los travesaños es de 5.5M, o sea la misma dimensión que hay horizontalmente entre las caras internas de las

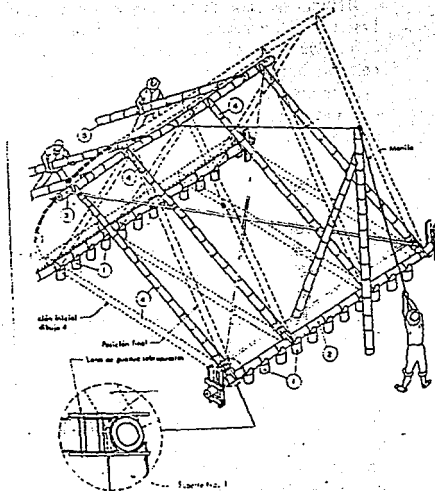


Fig. A.3.14. Colocación de la cumbrera.

FALLA DE ORIGEN

soleras No. 2, con la cual forman los travesaños un triángulo equilátero.

Debido a esta circunstancia es posible cortar los travesaños tomando como base las dos soleras.

4.- los travesaños se cortan en la siguiente forma: Se colocan horizontalmente sobre las dos soleras en las marcas respectivas. En el extremo inferior del travesaño, o sea el de mayor diámetro, se hace un empalme de boca de pescado y se fija temporalmente a la solera en la misma posición horizontal mientras se traza y se hace en el extremo opuesto o más delgado, el empalme de medio bambú que se observa en la parte inferior del dibujo. En esta forma se cortan todos los travesaños de un lado de la cumbreira; para cortar los del lado opuesto se invierte la posición de los bambúes al colocarlos sobre las soleras.

5.- Para girar la cumbreira a su posición, se construye primero un marco, como se indica en el dibujo, formado por: la cumbreira, cuatro piezas No. 4, una lata horizontal inferior paralela a la cumbreira, y dos lats diagonales o puntales que impiden que el marco se deforme.

Para evitar que se zafen los travesaños de la solera al colocarlos horizontalmente en el armado del marco, se amarran en su extremo inferior dos lats a manera de patillas, en la forma como se indica en el detalle inferior de la figura 2-14.

Como puede observarse en el dibujo, el extremo inferior del travesaño se coloca entre dos soportes No. 1 para facilitar su giro, pero después de colocada la cumbreira en posición, estos travesaños se corren a sus respectivas marcas sobre las soleras.

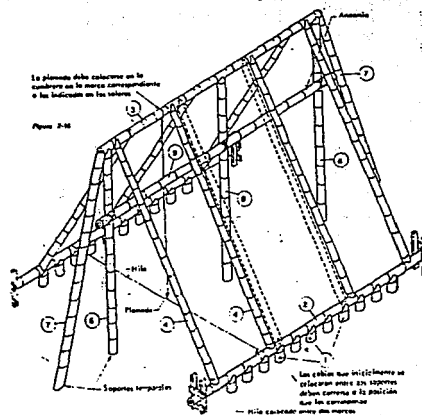


Fig. A.3.15. Construcción del andamio.

Para facilitar la labor de asegurar la cumbrera al extremo de los travesaños y evitar que resbale sobre la solera, se colocan transversalmente varios tarugos o "soportes temporales" como se observa en el dibujo.

6.- Las piezas No. 5, colocadas perpendicularmente a la cumbrera, sólo se emplean para ayudar a levantar el marco, como se observa en la etapa 5. Estas piezas tienen la misma longitud útil de los travesaños No. 4, pero se diferencian de ellos en que la unión superior es de dos patillas o boca de pescado para que pueda girar sobre ella la cumbrera en el momento de levantar el marco.

Si se prefiere, las piezas No. 5 pueden reemplazarse por travesaños con amarras relativamente sueltas. En este caso la cumbrera debe empujarse hacia arriba con ayuda de varas en lugar de empujarla diagonalmente con los travesaños, con los cuales se han reemplazado las piezas No. 5.

ETAPA No.5: COLOCACIÓN DE LA CUMBRERA EN POSICIÓN.

1.- Una vez listo el marco, la siguiente operación consiste en hacerlo girar, con este propósito se utiliza una manija que se asegura al centro de la cumbrera haciéndose pasar luego por el extremo superior de un soporte intermedio que previamente se ha colocado al lado opuesto, en la forma como se muestra en el dibujo. Luego, con la ayuda de dos o tres personas y de la manija, se levanta a un mismo tiempo la cumbrera, hasta una altura aproximada de 1.5 metros, o más si la fuerza y la altura de las personas lo permiten. Des de esta altura en adelante se continúa elevando la cumbrera con la



Fig. A.3.16. Vista interior de la estructura en la que se muestra la unión del caballete con los travesaños.

ayuda de las piezas No. 5 y de la manija, hasta que el extremo inferior de estas piezas pueda colocarse o descansar sobre la solera opuesta al eje de giro.

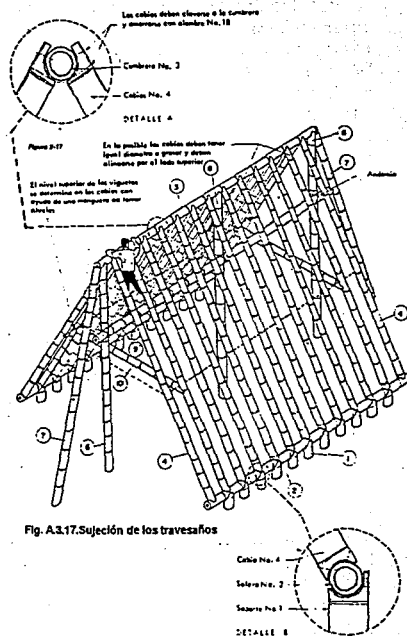
ETAPA No. 6: CONSTRUCCIÓN DEL ANDAMIO

1.- Una vez colocada la cumbrera en su posición, se arma un andamio con el fin de facilitar la colocación, clavada y amarre de los travesafios en la cumbrera. Con este propósito se coloca una plomada en los extremos y en el centro de la cumbrera y se señala en el suelo el lugar donde se colocarán los postes laterales No. 6 y el central No. 8.

2.- Antes de asegurar el extremo superior de los postes a la cumbrera, ésta debe plomarse con relación a las soleras No. 2, con el fin de que las marcas correspondientes coincidan verticalmente. Con este propósito se tensa un hilo entre dos marcas correspondientes de las soleras.

Por ejemplo la marca número 3. Luego se coloca una plomada en la marca No. 3 de la cumbrera, empujándose la estructura de un lado hacia el otro hasta que la plomada coincida con el hilo colocado horizontalmente entre las soleras. Una vez logrado esto, se colocan las diagonales No. 7 en los extremos de la cumbrera con el fin de evitar el movimiento horizontal de ésta, y se aseguran al mismo tiempo los extremos de los postes Nos. 6 y 8 a la cumbrera.

3.- Entre los tres postes se amarra con alambre un bambú No. 9 colocado horizontalmente, a una distancia aproximada de 1.5 M por debajo de la cumbrera.



ETAPA No. 7: COLOCACIÓN DE LOS TRAVESAÑOS Y ARMADO DEL ENTREPISO

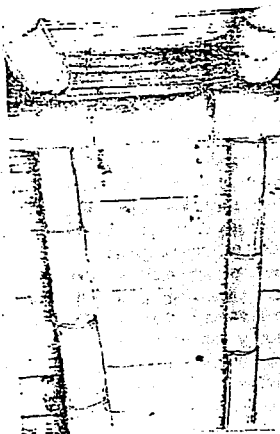
1.- Una vez colocados los diagonales extremos y el andamio, se quitan los puntales que se colocaron en el marco en la etapa 4, y se procede a colocar los travesaños, que previamente fueron cortados en la forma como se explica en la misma etapa.

2.- Los travesaños deben colocarse por pares, es decir el del lado derecho y del izquierdo al mismo tiempo teniendo cuidado de hacer coincidir su centro o eje longitudinal con las respectivas marcas indicadas tanto en las soleras como en la cumbreira, después de lo cual se aseguran a éstas con puntillas de 3 pulgadas y con amarres de alambre, aunque ello no se indique en los dibujos.

3.- Después de colocados y asegurados los travesaños, se procede a la construcción del entrepiso, formado por las piezas No. 10 y a la colocación sobre éstas del piso de esterilla. Para su construcción, se procede en la siguiente forma: El nivel superior de las piezas No. 10, colocadas horizontalmente, debe quedar a 2.76 metros por debajo de la cumbreira.

Esta altura se mide sobre uno de los postes No. 6 señalándose con un lápiz. Luego, con la ayuda de la manguera se pasa a este nivel a los 4 travesaños extremos, en cada uno de los cuales se clava una puntilla, entre las cuales se templan dos hilos en la forma como se indica en el dibujo y con una línea punteada. Después de colocados los dos hilos se marcan todos los travesaños a la altura del hilo.

Fig. A.3.18. Vista interior de los entresuelos.



En la parte superior de la figura se observan dos entresuelos o viguetas que se unen a los cables que se ven debajo de la viga No. 11. Los entresuelos deben cruzarse por el lado superior con el fin de que el piso de esterilla quede al mismo nivel. Por esta razón deben utilizarse entresuelos del mismo diámetro de la cumbreira es necesario colocar cuñas para apoyarlos sobre la viga, como se muestra al lado izquierdo de la figura. Las cuñas deben cortarse a la altura correcta en que el asta al pasar puede flexar la viga al introducirse, desmarcando el resto de los entresuelos.

Una vez marcados los travesaños se procede a cortar las piezas No. 10, lo que debe hacerse con mucho cuidado ya que su empalme diagonal es difícil de cortar para lograr una perfecta unión de los travesaños. Este empalme se corta en forma similar a la indicada en el detalle inferior del dibujo de la etapa 8. Como puede observarse, el lado más corto de la pieza No 10 es el superior y su longitud es igual a la separación entre las dos marcas de dos travesaños opuestos.

Esta longitud se determina entre los dos travesaños con ayuda de una cinta o lata y luego se indica la dimensión en el bambú que se va a cortar. La longitud del lado más largo es difícil de determinar si se emplean bambúes de diferente diámetro, por ello conviene usar bambúes del mismo grosor y un poco más gruesas que los travesaños para que puedan encajar en ellos.

Para determinar la longitud del lado más largo se cortan las dos piezas extremas No. 10, que se fijan al segundo y penúltimo travesaño, teniendo el cuidado de que los bordes extremos del lado superior coincidan con las marcas puestas en los travesaños.

Una vez que estas piezas se aseguren con puntillas y con alambre a los travesaños, se temple un hilo a cada lado uniendo los extremos inferiores de estas piezas, después de lo cual se marca nuevamente cada travesaño. Es muy importante que las piezas No. 10 queden ajustadas y niveladas por encima. También debe tenerse cuidado de que no produzcan en los travesaños barrigas hacia afuera, lo que sucede cuando se cortan las piezas No. 10 más largas de lo indicado. Antes de iniciar

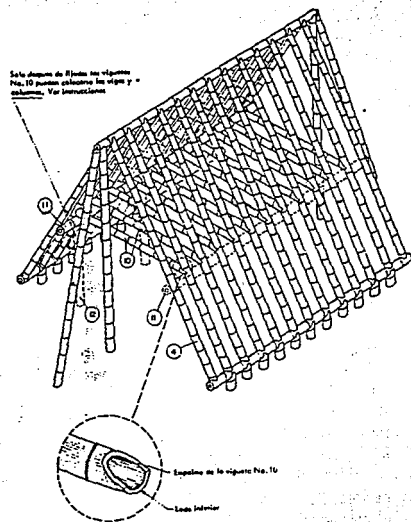


Fig. A.3.19. Colocación de las piezas No. 10 y 11.

En el montaje los travesaños No. 10 deben tener a un mismo extremo el primer y el segundo agujero para los 1000 Anillos, con el 10- del lado al que se van a colocar.

la colocación de las piezas No. 10 debe suprimirse el poste central No. 8.

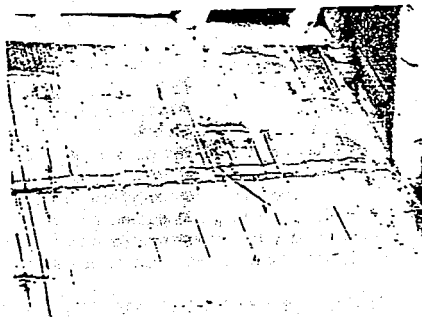
ETAPA No. 8: COLOCACIÓN DE LAS VIGAS Y COLUMNAS PRINCIPALES.

1.- Después de colocadas y aseguradas las viguetas o entresuelos No. 10, se colocan en su orden las vigas No. 11 y las columnas No. 12. Este orden de colocación de las piezas parecerá un poco ilógico, ya que si se utiliza madera aserrada para este tipo de construcción, la operación sería inversa, es decir: se colocarían primero las columnas No. 12, luego las vigas No 11 y finalmente las viguetas No. 10; pero usando el bambú, es necesario hacer en las viguetas No. 10 un empalme diagonal que por su forma sólo se ajusta a los travesaños colocando estas piezas de abajo hacia arriba, lo que se puede lograr si las vigas No. 11 ya están colocadas.

2.- Una vez puestas las viguetas se colocan las dos vigas No. 11 de 6.5 m de longitud, obtenidas de bambúes muy gruesas. Estas vigas se colocan por debajo de las viguetas lo más arrimadas posible contra los travesaños, de los cuales se amarra. Debe observarse que el extremo de las viguetas No 10 monte sobre la viga. Si ello no se logra, indica que las viguetas han sido mal cortadas.

3.- Como puede verse en el dibujo No. 3, a cada lado se colocan 4 columnas No. 12, dos de las cuales deben quedar en el centro y dos en los puntos correspondientes a las paredes laterales. en estos sitios se coloca una plomada por debajo del centro de la viga y se localiza en

Fig. A. 3.20. Vista del estriado del entresplo.



Plazo de estriado del entresplo. Cuando se empleen esterillas cortas, su unión debe hacerse en lo posible en el área de la tolva y no en la zona de tráfico.

el suelo el punto donde debe enterrarse su extremo inferior.

La excavación debe hacerse con una profundidad no menor a un metro y lo suficientemente grande para que permita girar la columna hasta ponerla en posición vertical. Esta columna debe tener en su parte superior un empalme de boca de pescado y se fija con puntilla a la viga. Después de colocadas y fijadas las columnas a las vigas No. 11 con puntilla y alambre, se aseguran con alambre todos los travesaños a las vigas No. 11 y viguetas No. 10.

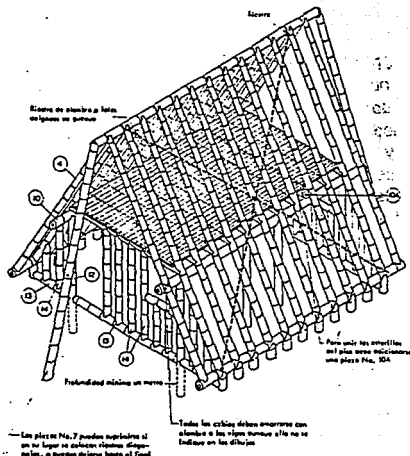
4.- Si algunas de las viguetas o entresuelos No. 10 no descansan sobre la viga por ser más delgadas que los otros, debe colocarse una cuña entre las dos piezas, clavada a la vigueta. Las cuñas no deben colocarse apretadas pues de lo contrario flexionan la viga y como resultado de ello se produce una mayor separación entre las viguetas y la viga, siendo necesario meter hasta 2 cuñas en un mismo lugar, lo que no es conveniente.

ETAPA No. 9: ESTERILLADO DEL ENTREPISO.

1.- Concluida la colocación de las vigas no. 11 y columnas No. 12 se coloca el piso de esterilla, para lo cual se emplea esterilla gruesa obtenida de la parte basal o inferior del bambú, al que se le ha removido previamente la parte blanda interior, operación que se denomina "ripiada".

2.- En el esterillado del entepiso se emplean aproximadamente 11 esterillas, con una longitud de 5.2M aproximadamente. En el caso de que sólo se disponga de esterilla de 4 metros, la unión debe hacerse en la zona

Fig. A. 3.21. Arriostriamiento para la techumbre.



correspondiente a la tolva. En tal caso debe adicionarse una vigueta 10A como se indica en el dibujo, sobre la cual se asegura el extremo de la esterilla. El extremo de la esterilla adicionada debe asegurarse en la siguiente vigueta teniendo el cuidado de dejar los dos extremos de la esterilla al tope entre las dos viguetas.

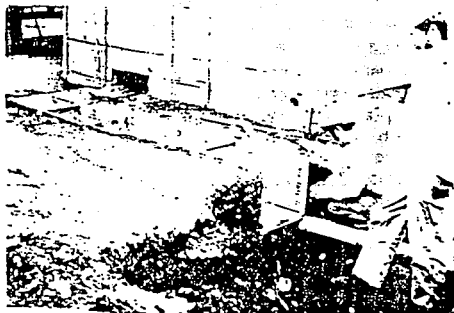
La esterilla se coloca con la superficie lisa hacia arriba y debe clavarse a las viguetas con puntillas 2 o 2 1/2 pulgadas colocadas a distancia de 5 a 7 cm., uniendo sus cabezas con una vuelta de alambre No. 18. Es muy importante tener en cuenta al colocar la esterilla, que ésta debe ir trabada; es decir, que al lado de la "cabeza" de la esterilla se coloca la "cola" y así sucesivamente.

3.- las paredes laterales pueden construirse de bajareque o de barro embutido. En cualquiera de los dos sistemas que se utilice, los paralelos No. 14 se colocan con una separación entre los centros de 30 ó 35 centímetros.

Estos paralelos se fijan a una solera inferior No. 13 que se coloca previamente sobre el suelo entre las piezas No. 11 y No. 12 y entre las dos piezas No. 12.

4.- Las dos fachadas de la planta beneficiadora de café son iguales, cada una de ellas tiene una puerta y una ventana que se construyen al lado de las columnas No. 12, como se observa en el dibujo 9. Con este propósito se deja un vano de 90 centímetros entre la columna y el siguiente paral, tanto para la puerta como para la ventana. La altura de la ventana también es de 90 centímetros.

Fig. A. 3. 22. Construcción del canal de lavado.



ETAPA No.10: RELLENO Y COLOCACIÓN DEL PISO DE ESTERILLA SOBRE TIERRA, Y CONSTRUCCIÓN DEL CANAL.

1.- El nivel del piso interior de la planta debe estar por encima del nivel del exterior al menos 15 cm. Este nivel se obtiene haciendo un relleno usando para ello tierra amarilla, En ningún caso debe emplearse tierra negra.

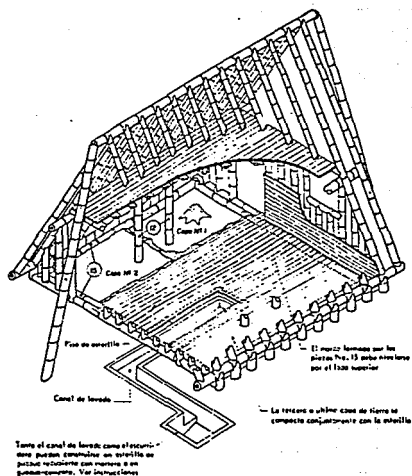
2.- Antes de hacerse el relleno debe colocarse un marco interior formado por 14 piezas No. 15 de igual diámetro al de la No. 13 y en lo posible impregnadas con asfalto, antes de colocarlas. La parte superior del marco debe estar al mismo nivel de las piezas No. 13.

3.- Colocando el marco se procede a hacer el relleno. El relleno se hace en dos o tres capas sucesivas de acuerdo a la altura que se vaya a rellenar. Para la primera y segunda capas, la tierra suelta se distribuye por parejo en un sector hasta que tenga una altura de una 12 centímetros. Luego se humedece con un poco de agua y se compacta con un pisón de mano.

Para la capa final se procede de igual manera, pero antes de compactarla se nivela bien, se humedece y luego se coloca el piso de esterilla encima, después de lo cual se compacta conjuntamente golpeando la esterilla con el pisón. Finalmente los extremos de la esterilla se clavan sobre las piezas No. 15 que forman el marco.

4.- El canal de lavado tiene una longitud de 7 metros, puede construirse totalmente dentro de la planta, o fuera de ella para que no limite otros usos que se le quieran dar a esta instalación. También se ha considerado la posibilidad de construir sólo parte del canal dentro de la planta.

Fig. A. 3. 23. Terminación del piso



5.- El canal puede construirse en dos formas: La primera consiste en utilizar el método de construcción de los tanques, o sea haciendo primero el canal tejido con cintas de bambú y recubriéndolo luego con mortero de cemento. La segunda consiste en utilizar esterilla de bambú en forma de "C" que se coloca dentro de la excavación una vez impregnada de asfalto.

ETAPA No. 11: ESTERILLADO DE LOS MUROS Y CONSTRUCCIÓN DE LA TOLVA.

1.- Terminado el piso, se procede a construir los muros de bajareque, ya sea esterillando la armazón de los muros por ambos lados o sólo por el lado externo, si se quiere lograr mayor economía. La esterilla se fija a los paraleles con puntilla de 2 pulgadas colocadas a 6 cm. de distancia uniendo sus cabezas con un alambre No. 18 galvanizado. Si no se dispone de alambre se emplea en su lugar una lata delgada de bambú de 2 cm. de ancho que se clava con puntilla de 2 pulgadas cada 8 ó 10 cm.

2.- Para construir la tolva se colocan sobre el piso dos piezas No. 16 similares a las viguetas o entresuelos No. 10 pero más cortas. Estas piezas se colocan sobre el piso uniendo los dos travesaños colocados en la 2a y 5a posición (ver plantas). A 80 cm. sobre el nivel del piso se construye un marco de bambú formado por cuatro piezas No. 17 colocado sobre paraleles cortos que descansan sobre las piezas No. 16.

Las paredes inclinadas de la tolva se construyen también en esterilla clavada sobre secciones de bambú que unen los vértices del marco formado por las piezas No. 17 con los del marco hecho con tablas de madera que rodea la

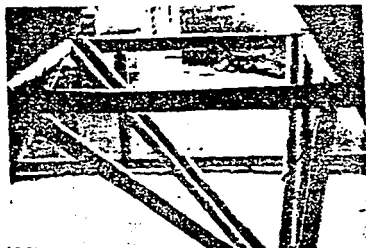
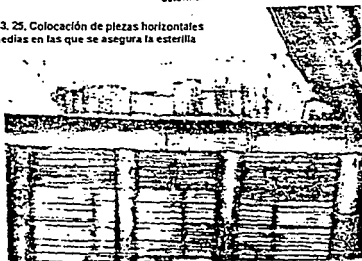


Fig. A.3. 24. Construcción de la tolva.

*Construcción de la tolva.
La tolva está formada por un marco superior que descansa sobre soportes verticales y por piezas diagonales que unen sus vértices con los del rectángulo que forma la salida de la misma.*

Además de las piezas indicadas en la figura anterior deben colocarse piezas intermedias horizontales sobre las cuales se asegura la esterilla.

Fig. A. 3. 25. Colocación de piezas horizontales intermedias en las que se asegura la esterilla



salida de la tolva. En el lugar donde entrega la escalera , en el 2o. piso, se colocan dos parales No. 19, separados 80 cm., que sirvan de soporte al pasamanos No. 20. La parte superior del pasamanos debe quedar a una altura sobre el piso de 90 cm..

ETAPA No.12: CONSTRUCCIÓN DE LA ESCALERA Y ENTARIMADO DEL TECHO.

1.- La escalera debe ser lo suficientemente fuerte para soportar el peso de dos personas cargadas con bultos de café. Por ello deba construirse con 2 piezas No. 21, obtenidas de la parte basal o inferior dos bambúes muy gruesos, que permitan la colocación de escalones anchos hechos con latas dobles obtenidas también de la parte basal del bambú. Si no se dispone de bambúes gruesos, debe construirse una escalera doble formada por 4 piezas No. 21.

Para construirse la escalera se colocan provisionalmente las piezas No. 21 en la forma como se dejarán definitivamente pero medio aseguradas en la parte superior de la vigueta No 10, y en la inferior, de una tabla anclada entre los soportes del pasamanos No 22. El lado interior de la base de la escalera debe quedar a 1.50 metros de la pared. El ancho de la escalera es de 50 centímetros. Sobre la pared, frente a una de las piezas No 21 se fija una cinta de bambú que vaya desde el suelo, al nivel superior del piso de esterilla.

La longitud de la vareta se divide en 10 espacios iguales. Después, con la ayuda de la manguera de tomar niveles, se pasan estas alturas que corresponden al nivel superior de los peldaños a los bambúes colocados

Fig. A. 3. 26. Colocación de los muros laterales.

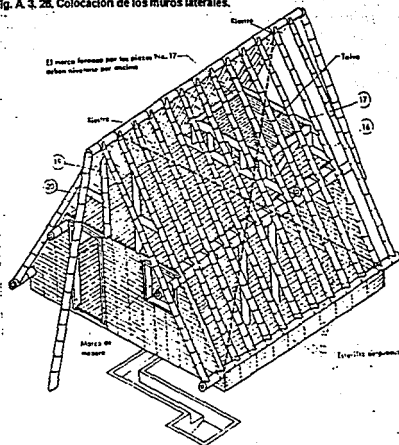


Fig. A. 3. 27. Construcción del escurridor.



inclinados, por el lado donde se colocan los peldaños. Luego se quitan los bambúes No 21, se abren huecos del nivel indicado hacia abajo y se colocan los peldaños de bambú fijándose de nuevo en la posición inicial y asegurándose definitivamente con clavos de 3".

Las piezas No 22 que sirven de soporte al pasamanos se entierran 1 metro por lo menos. La altura de la parte superior de la tabla del piso, a la parte superior del pasamanos debe ser de 90 centímetros.

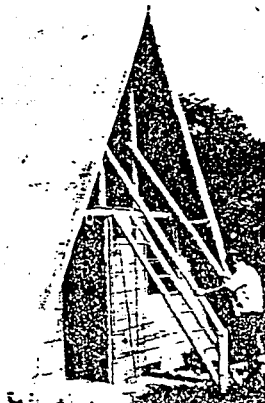
Las piezas No 23, empleadas como pasamanos, se fijan con clavos y alambre a los postes No 19, a una altura de 90 centímetros. El extremo superior de los soportes No 22, como se indica en la figura.

Finalmente se quitan las puntales No 6 (si es que se han dejado hasta el final) y se recortan los sobrantes de las vigas, soleras y cumbreira, de tal forma que queden casi a ras de la cara exterior de los travesaños.

ETAPA No.13: CONSTRUCCIÓN DE LA CUBIERTA DE LA PLANTA DE BENEFICIO DEL CAFÉ.

A. Como cubierta de la planta para el beneficio del café pueden emplearse diversos tipos de materiales desde los más económicos hasta los más costosos, como son entre otros los siguientes:

Económicos: Hojas de palma,- Tallos de arroz,- Tejas de bambú partido longitudinalmente en dos secciones,- Tejamaniles o tablas cortas de madera,- Mortero de cemento,- Tierra estabilizada con cemento,- Una capa de tela asfáltica pegada con asfalto,- un plástico transparente fijado con cintas de bambú no clavadas. De las anteriores, las cuatro primeras requieren de cintas de



A. 3 28 y 29. Detalles de la construcción de la escalera.



bambú que se clavan perpendiculares a los travesaños a una distancia determinada por el material que se utilice. Las cuatro restantes se colocan sobre un entarimado como el que se muestra en la etapa 12.

Costosos: Láminas de asbesto,- Láminas de Zinc,- Láminas de aluminio,- Láminas de plástico transparente. Todas estas tejas se fijan a correas de madera que se colocan perpendicularmente a los travesaños a distancias indicadas por los fabricantes. En la estructura experimental se utilizó una capa de mortero de cemento colocada sobre un entarimado de bambú, clavado a los travesaños de la misma manera como se fija el entarimado a los parales, cuando se construyen paredes de baja rreque. El mortero de cemento en proporción 1:2 se aplica en fajas verticales de un metro de ancho y de arriba hacia abajo. Terminada esa faja debe hacerse la correspondiente del lado opuesto. Las canales de bambú se colocan una vez terminado el entarimado y antes de aplicar la capa de mortero.

En la planta puede tomarse como referencia para la localización de los muros, la distancia entre los travesaños, la cual es de 50 centímetros de centro a centro. En los muros solo se indica la posición de los bambúes más importantes estructuralmente hablando, pero no los correspondientes a la construcción de los muros los cuales deben colocarse a una distancia no menor a los 30 centímetros ni mayor a los 40 centímetros. Estas viviendas de 44 metros cuadrados de superficie cubierta cuentan con 68 metros cuadrados de construcción total pues tienen una segunda planta en la

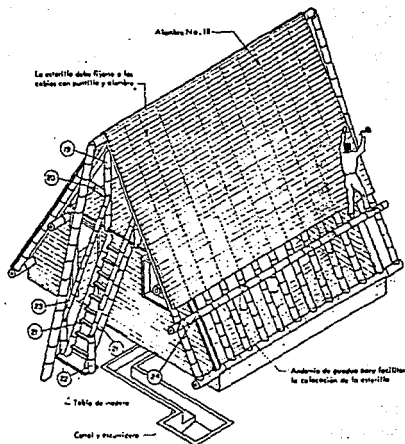
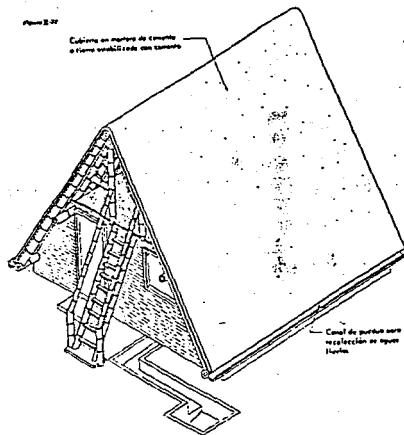
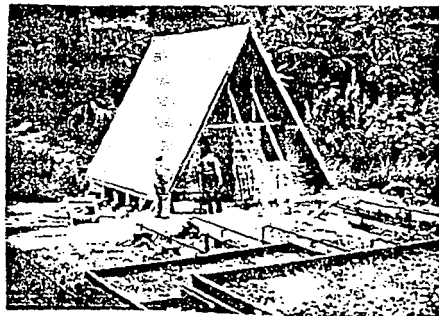


Fig. A. 3. 30. Fijación de la esterilla del techo

que se localizan dos dormitorios de 12 metros cuadrados cada uno.



A. 3. 31. Vista exterior d e la planta de beneficio de café con su cubierta de mortero acabada.



ANEXO IV

4.- ESTRUCTURAS TRIDIMENSIONALES YA EXPERIMENTADAS

En el Centro de Investigación del Bambú en Colombia han estudiado y experimentado varias estructuras tridimensionales hechas con bambú, que permiten claros relativamente grandes y que tienen como finalidad que las comunidades campesinas puedan construir a bajo costo y por el sistema de autoconstrucción, no sólo sus viviendas sino también sus escuelas, bodegas, talleres, establos y comercios además de otras instalaciones necesarias para mejorar la producción de sus fincas y parcelas.

Las estructuras desarrolladas, además de tener gran estabilidad son tan livianas y fáciles de construir que pueden ser prefabricadas en el suelo por uno o varios campesinos, para luego ser montadas sobre una estructura portante que puede estar constituida por columnas de diferentes materiales, o por muros de ladrillo o de cualquier otro material, lo cual permite construir o cubrir cualquier tipo de edificación modular en un mínimo de tiempo y con bajo costo.

Por estas características en esta tesis se describe detalladamente todo el proceso de fabricación de estas estructuras y se propone como uno de los elementos prefabricados que pueden ser producidos en el estado de Chiapas.

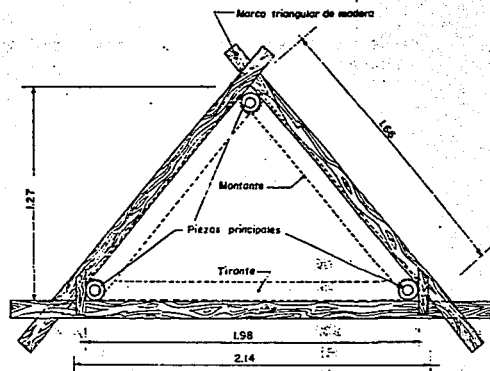


Fig. A. 4. 1. Construcción de marco triangular de madera.

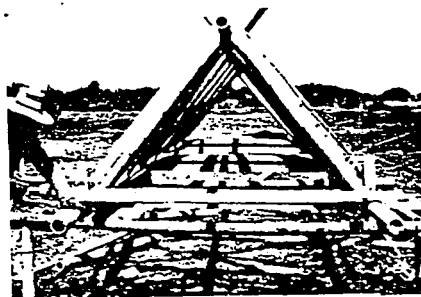


Fig. A. 4. 2. Ejecución de la armadura sobre soportes horizontales.

Este tipo de techumbre, que tiene la apariencia de una cubierta plegada, que comúnmente se construye en concreto reforzado, fue experimentado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira Colombia al construir una aula taller prototipo para escuelas rurales, en la que se utilizaron cuatro armaduras de 2 metros de ancho por 8 metros de longitud, con resultados muy satisfactorios. Como cubierta puede utilizarse cualquiera de las tradicionales o una delgada capa de mortero de cemento o de suelo cemento.

Este modelo de aula para escuelas rurales, fue diseñado por el Arq. Oscar Hidalgo López y construido con 5 metros de ancho por 8 de largo, con un corredor de acceso y circulación de 2 metros de ancho por la misma longitud, y una área cubierta de 64 metros cuadrados. Para cubrir la superficie anterior se utilizó un total de 4 armaduras tridimensionales de forma triangular, de 8 metros de longitud por 2 metros de ancho en su base, y una altura de 1.27 metros.

Las armaduras se colocaron sobre una estructura portante formada por 3 vigas paralelas de madera de 6 por 20 centímetros, separadas respectivamente 2 y 5 metros, apoyadas sobre columnas de bambú separadas 2 metros en las paredes del aula y 4 metros en el corredor.

En la zona opuesta al corredor las armaduras se proyectaron un metro para formar un alero de protección. Aunque el techo puede dejarse con canales de lado a lado entre las armaduras, se optó por construir entre éstas un sobre techo de dos aguas con el fin de que las sobre cubiertas formadas llevaran el agua de las lluvias al

Fig. A. 4. 3. Arriostramiento de los marcos.

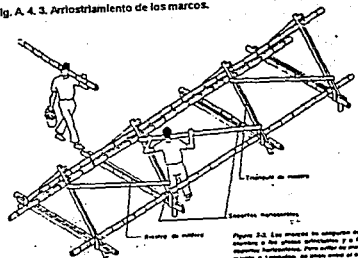


Figura A.3. Los marcos se arriostran con el sistema de las vigas triangulares y se apoyan sobre columnas de bambú. Para cubrir el área anterior al aula, se construye un sobre techo de dos aguas con el sistema de bambú y se hace un alero de protección.

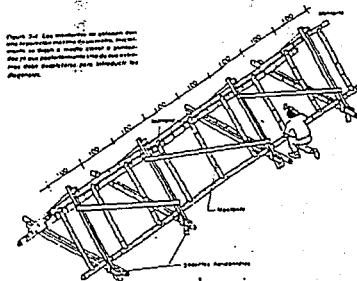


Figura A.4. Los marcos se arriostran con el sistema de las vigas triangulares y se apoyan sobre columnas de bambú. Para cubrir el área anterior al aula, se construye un sobre techo de dos aguas con el sistema de bambú y se hace un alero de protección.

Fig. A. 4. 4. Colocación de los montantes

FALLA DE ORIGEN

borde del alero, suprimiéndose en esta forma los canales centrales.

El bambú utilizado en la construcción tanto de las armaduras como de la estructura portante fue la *Bambusa guadua var. castilla* por ser la más común en el área donde se efectuó el experimento. La construcción de las armaduras tridimensionales y de la estructura portante, así como el montaje de las mismas, deben hacerse de acuerdo a las normas, especificaciones y dimensionamiento que se indican a continuación.

4.1.- VENTAJAS DE LAS ARMADURAS TRIDIMENSIONALES

Las armaduras tridimensionales prefabricadas de bambú tienen entre otras las siguientes ventajas con relación a las armaduras de madera y/o bambú que comúnmente se emplean en la construcción de techos de 2 y 4' aguas-o vertientes :

El sistema de prefabricación que se emplea, permite construir en el suelo todas las armaduras que se requieran para cubrir una superficie determinada, ya sea antes o al mismo tiempo que se construye la estructura portante sobre la cual se montarán posteriormente. En esta forma, no sólo se reduce el peligro de accidentes que se corre en la construcción de techos elevados, sino que la edificación puede hacerse en un mínimo de tiempo, de acuerdo al número de operarios con que se cuenta y con el equipo para el transporte y la elevación de las armaduras y hacer su montaje posteriormente sobre la estructura portante.

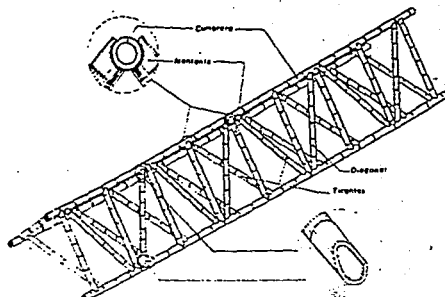


Fig. A. 4. 5. Forma en que deben cortarse y colocarse las diagonales.

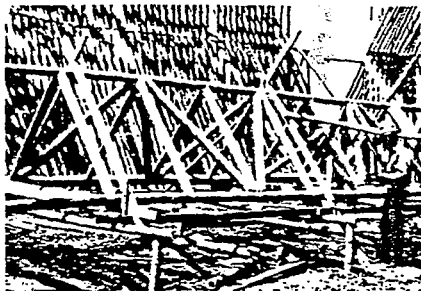


Fig. A. 4. 6. Asegurado de las piezas.

instalaciones hospitalarias de emergencia en caso de desastres producidos por terremotos, inundaciones, incendios, etc.

4.2.- NORMAS DE CONSTRUCCIÓN.

Las armaduras tridimensionales de bambú están compuestas por 3 piezas principales de 8 metros de longitud colocadas paralelamente, formando en sección transversal un triángulo isósceles de 2.14 metros de base por 1.27 metros de altura, con 2 lados iguales de 1.66 metros de longitud. Estas piezas están unidas lateralmente por otras secundarias constituidas por montantes y diagonales que forman entre sí una retícula triangular; y por tirantes que unen perpendicularmente las 2 piezas inferiores.

En su construcción sólo deben utilizarse bambúes rectos: que tengan más de 3 años de edad, previamente curados en la mata, secados a la sombra e inmunizados. Su diámetro promedio no debe ser menor de 10 centímetros con un espesor promedio de un centímetro. No deben utilizarse bambúes con fisuras, rajaduras o atacados por insectos, como tampoco bambúes obtenidos de tallos que hayan florecido debido a que tienen una baja resistencia.

Las piezas principales deben cortarse inicialmente de 9 metros de longitud o más, con el objeto de facilitar la movilización o transporte de las armaduras a manera de andas. Los extremos sobrantes se recortarán una vez montadas las armaduras sobre la estructura portante.

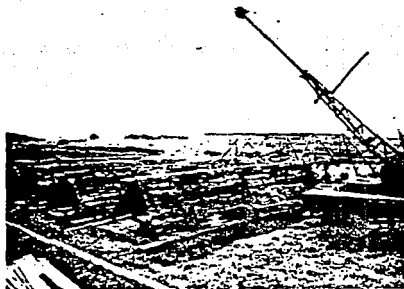


Fig. A.4.9. Colocación, en el suelo, de las armaduras

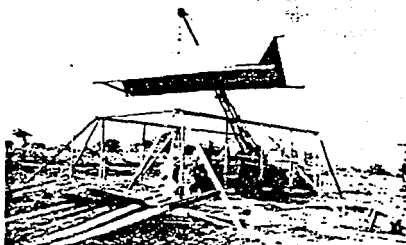


Fig. A.4.10. Montaje de la primera armadura II

No es posible establecer una longitud exacta para los montantes y diagonales debido a la variación del diámetro en las piezas principales; sin embargo, si estas piezas se van a cortar en el bambúar para ser llevadas al lugar donde se construirán las armaduras, deben cortarse de 1.8 metros de longitud para ser recortadas posteriormente a la medida que exista entre las piezas principales.

Las armaduras no deben construirse sobre el suelo sino sobre 4 soportes horizontales paralelos, elevados del suelo por lo menos 30 cm., con el fin de facilitar el clavado y amarre de las uniones de las piezas secundarias con las dos piezas principales inferiores.

Como soportes pueden utilizarse bambúes o vigas de madera, niveladas por su parte superior a una misma altura, lo cual debe hacerse con una manguera de tomar niveles en la forma como se indica en la etapa 2 de construcción de la planta de beneficio del café. La longitud mínima de los soportes debe ser de 5 metros para que permita al menos la construcción de 2 armaduras a un mismo tiempo.

4.3.- MARCOS TRIANGULARES DE MADERA

Para que las armaduras queden del mismo ancho y altura, se emplean como guías en su construcción 4 marcos o triángulos de madera aserrada, formados por tres piezas de 10 centímetros de ancho por 5 de espesores, que se ensamblan entre sí por medio de empalmes de media madera en caja, formando un

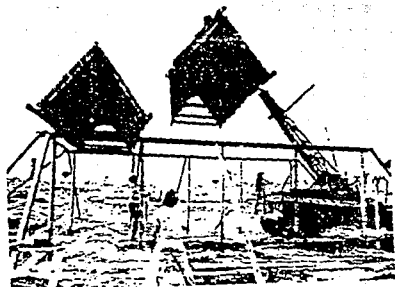


Fig. A. 4. 11. Montaje de la segunda armadura.

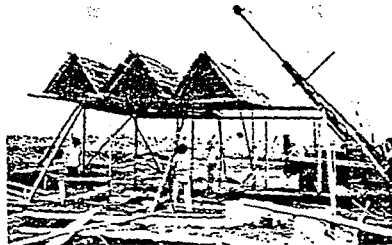


Fig. A. 4. 12. Colocación de la tercera armadura.

FALLA DE ORIGEN

triángulo isósceles, con dos lados iguales que miden interiormente 1.66 metros de largo, un lado mayor o base de 2.14 metros, y una altura de 1.27 metros, tomada en el centro de la base. Los triángulos deben amarrarse con alambre en sus uniones para que puedan desamarrarse fácilmente, una vez terminada la armadura.

Para evitar que la armadura quede más ancha en un extremo que en otro, debido a que los extremos de menor diámetro de las piezas principales tienen una penetración mayor en los vértices de los marcos triangulares que los de mayor diámetro, conviene fijar en cada uno de los vértices una pequeña pieza de madera, perpendicular a la base del triángulo, en tal forma que su borde interno quede a 8 centímetros del vértice y que la distancia entre las dos piezas quede de 1.98 metros, que es el ancho total de la armadura.

Posteriormente, cada armadura se coloca sobre las vigas entre espacios de dos metros, quedando una pequeña separación entre una y otra para los nudos de los amarres y defectos que pueda tener el bambú.

4.4.- MARCADO DE LAS PIEZAS

Antes de iniciar la construcción de las armaduras se debe señalar, en cada una de las piezas principales, la posición de los montantes, como también la de los triángulos de madera.

Con este propósito se colocan en el suelo las tres piezas principales, con los extremos de mayor diámetro hacia el mismo lado, y se marca en cada una de ellas el centro de su longitud total. A partir de esta marca y hacia



Fig. A.4.13. Colocación de la cuarta y última armadura.



Fig. A.4.14. Doble amarre de alambre de las armaduras a las vigas.



Fig. A.4.15. Después de amarradas las armaduras, se recortan los bordes de las esterillas.

ambos lados se colocan otras cuatro, con una separación de un metro hasta completar 9 en total. Estas marcas corresponden al centro de unión de los montantes con piezas principales.

Los triángulos de madera se colocan 30 centímetros antes de la primera marca y 30 centímetros después de la última; y los centrales entre las marcas 3a y 4a. y entre la 6a y 7a. en estos puntos debe indicarse una marca diferente para evitar confusiones con las anteriores. Los triángulos de madera no deben colocarse sobre las marcas de los montantes pues éstorbarrían su colocación

4.5.- CONSTRUCCIÓN DE LAS ARMADURAS

Ensamblados los triángulos de madera y señaladas las piezas principales, se inicia la construcción de la armadura colocando dos de estas piezas sobre los soportes horizontales, pasándolas por dentro de los 4 triángulos previamente colocados recostados sobre los postes. Hecho lo anterior, se colocan los triángulos en las macas respectivas de las dos piezas inferiores principales y se amarran una vez que éstas se arrimen contra las pretinas, haciendo coincidir las marcas con el borde exterior de la base del triángulo.

Después de asegurados los marcos se plomea para que queden verticales y se asegura uno de otro con puntales de madera colocados diagonalmente entre ellos (contraventeos), en la forma como se indica en los dibujos. Finalmente se coloca y amarra la pieza superior en el vértice correspondiente, en igual forma como se



Fig. A.4.16. Se probó la rigidez de las armaduras dejando un voladizo de 2.25 mts.



Fig. A.4.17. Construcción del sobretecho.

FALLA DE ORIGEN

hizo con las inferiores. Después de aseguradas las piezas principales a los triángulos de madera, se procede al corte y colocación de los montantes, lo cual debe hacerse una vez que se tome la medida interna entre la pieza superior y la inferior en cada una de las marcas respectivas. Esta medida debe tomarse con una cinta de bambú y no con un metro.

El montante se une a la pieza inferior con un empalme de boca de pescado completo, y a la superior, con uno parcial, en el sentido de que el borde inferior del empalme debe llegar por debajo hasta el centro de la pieza superior, para que permita al montante opuesto llegar al mismo punto en la forma como se indica en las ilustraciones.

Es importante tener en cuenta al cortar los montantes el dejar en sus extremos un nudo muy próximo al empalme. Estas piezas se aseguran a las principales con clavos de tres pulgadas y con dos amarras hechas con alambre del No. 12 que se pasan de un lado a otro por una perforación hecha con un taladro sobre el nudo que se ha dejado en cada extremo del montante.

Con excepción del primer montante todos los demás se dejan inicialmente a medio clavar y sólo se aseguran definitivamente una vez que se haya colocado la diagonal inmediatamente anterior, debido a que es necesario desclavar el extremo superior o inferior del montante, según la posición de la diagonal, para introducir ésta y ajustarla.

El corte de los empalmes de la diagonal con las piezas principales, debe hacerse con mucho cuidado y precisión para que tengan un ajuste perfecto. En un



Fig. A. 4. 18. Construcción del alero final.

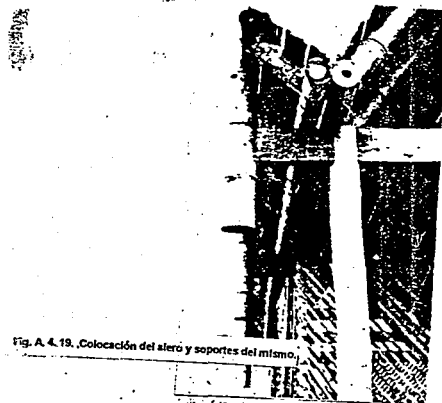


Fig. A. 4. 19. Colocación del alero y soportes del mismo.

principio y mientras se adquiere alguna práctica es posible que algunas queden cortas, en este caso no deben usarse; sin embargo, no se pierden porque pueden emplearse para las diagonales secundarias que forman una cruz con las anteriores, las cuales sólo se emplean cuando la armadura se va a cubrir con una esterilla de bambú.

Las diagonales deben unirse siempre a las piezas principales, y en ningún caso a los montantes, siguiendo la misma distribución que se indica en los dibujos. Terminada la construcción de la retícula, se colocan los tirantes uniendo perpendicularmente las piezas principales inferiores, lo más cerca de la intersección de los montantes y las diagonales con las piezas principales, a las cuales se unen con un empalme de boca de pescado y amarrándose en la forma indicada para los montantes.

Solamente cuando ya se han colocado los tirantes pueden quitarse los triángulos de madera, desarmándolos, pues de lo contrario se corre peligro de que la armadura se abra en su base, por esto es conveniente colocar desde un principio, aunque sea provisionalmente, algunos tirantes en el caso de que no se conozca su localización exacta.

4.6.- SOPORTES DE LA CUBIERTA

En caso de usar como cubierta: tierra estabilizada con cemento, o una capa delgada de mortero de cemento, la armadura debe recubrirse con una tarima de bambú, la cual se asegura en la forma en que se indica en la

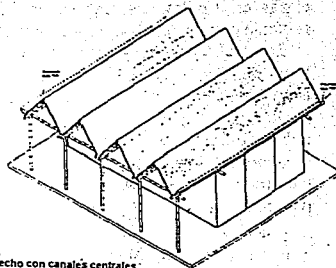


Fig. A. 4. 20. Techo con canales centrales.

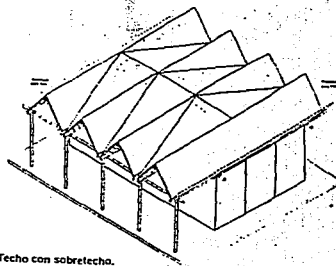


Fig. A. 4. 21. Techo con sobretecho.

FALLA DE ORIGEN

construcción de la planta de beneficio de café. Pero, si se utilizan hojas de palma, tejamaniles, etc., en lugar de la tarima, se colocan listones de madera paralelos a las piezas principales, con una separación de 25 a 30 cm. según la dimensión de la hoja y de la teja de madera.

En igual forma debe procederse si se va a cubrir con tejas de bambú o con láminas de asbesto, zinc o aluminio, en este caso la distancia de los listones deberá ser la que indica el fabricante. ya sea que se utilice una tarima de bambú o listones, se deben dejar salientes por lo menos 25 cm. para luego recortarlos una vez que se han colocado todas las armaduras sobre la estructura portante.

4.7.- LA ESTRUCTURA PORTANTE

Terminadas las armaduras, se colocan y aseguran sobre una estructura portante formada por un mínimo de tres vigas paralelas de bambú o de madera, con un claro o separación entre ellas no mayor de 5 metros. En ningún caso la armadura debe apoyarse sobre sus extremos sin un soporte intermedio. Los aleros pueden proyectarse hasta un metro de longitud. Debe tenerse en cuenta en la distribución de las distancias entre las paredes o vigas portantes, que éstas deben coincidir siempre con los ejes de los muros que forman los montantes y vigas diagonales con las piezas principales inferiores.

Se recomienda usar vigas de maderas de 6cm. de ancho por 20 de altura. -Al calcularse la longitud de las vigas de madera o de bambú, es importante tener en cuenta que éstas deben proyectarse entre 30 ó 40 cm

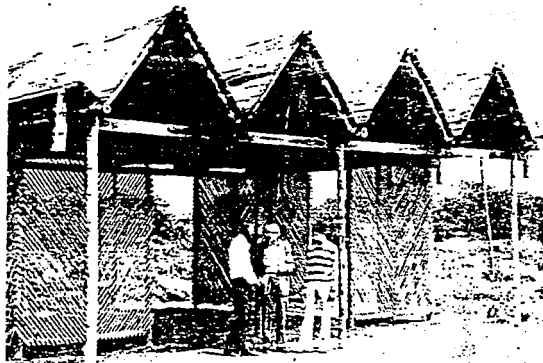


Fig. 4.22. Vista de la estructura totalmente terminada y lista para recubrir la cubierta.



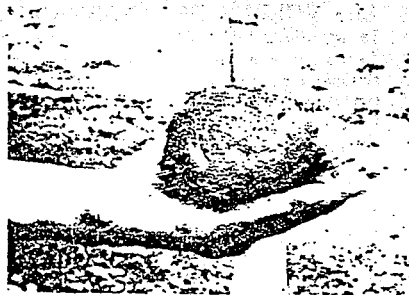
Fig. A. 4. 23. Cubierta hecha con capa de mortero.

por fuera de las columnas externas, con el fin de que sirvan de soporte al alero de 40 cm. de ancho o más, que se coloca inclinado en el lado externo de la primera y última armaduras para formar el canal que sirve de protección a las fechadas laterales.

Las columnas de bambú deben cortarse principalmente por la parte de la base de los tallos de máximo diámetro y espesor de pares, que tengan más de 3 años de edad y que previamente estén curados, secados e inmunizados. En su extremo inferior debe dejarse un nudo con su respectivo tabique. Las columnas deben enterrarse a una profundidad de 1.20M o más en el caso de que a esta profundidad no se encuentre suelo resistente.

La parte del bambú que va a permanecer bajo la tierra debe impermeabilizarse con chapopote (a 190°) y hasta una altura sobre el suelo de 30cm. En el fondo de la excavación, deben colocarse piedras aplanadas grandes o una capa de balasto o grava compactada. La separación de las columnas no debe ser mayor de 2 metros para que coincida con la modulación de las armaduras.

Una vez concluida la estructura portante y antes de proceder a la colocación de las armaduras, ésta debe atroquelarse en todos los vértices externos en ambas direcciones y por dentro de los muros de bajareque o de tierra apisonada. Además la estructura completa debe contraventearse con diagonales colocadas en todas las direcciones para que no sufra daño alguno durante el montaje de las armaduras.



Mortero de cemento o su equivalente para la cubierta.

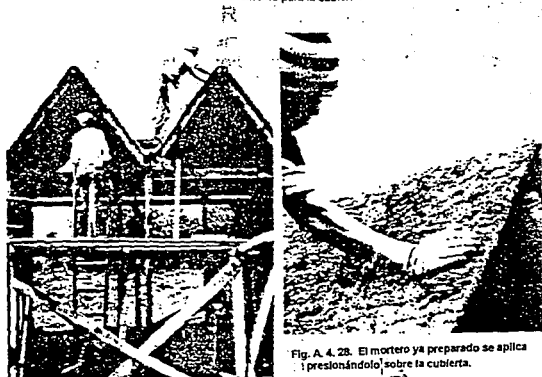


Fig. A. 4. 28. El mortero ya preparado se aplica y prestosándolo sobre la cubierta.

Fig. A. 4. Construcción de un andamio para poder colocar el mortero ya preparado.

4.8.- MONTAJE DE LAS ARMADURAS

Las armaduras tridimensionales de bambú son livianas y rígidas, lo que permite hacer su montaje sobre la estructura portante en forma rápida y fácil, ya sea a mano, con ayuda de 4 ó más personas que las colocan encima de la estructura o con la ayuda de malacates o grúas móviles como la utilizada para el montaje de las cuatro armaduras de la estructura experimental.

Este montaje se realizó en 40 minutos, y el costo del alquiler de la grúa fue de 900 pesos colombianos por una hora.

Después de colocadas las armaduras sobre las vigas se tiende un hilo entre las extremas y se desplazan poco a poco hasta que queden en su posición correcta en ambos sentidos; luego se procede a cortar la tarima de los aleros, la cual se deja saliente por lo menos 8 cm, así como también los extremos sobrantes de las piezas principales de las armaduras los cuales deben cortarse a ras de la tarima.

Finalmente se colocan los aleros de protección de las fachadas laterales.

4.9.- TERMINACIÓN DEL TECHO

El techo formado por varias armaduras puede terminarse en dos formas: ya sea colocando entre las armaduras canales metálicos, de asbesto, o de bambú; o construyendo entre las armaduras un sobretecho de dos aguas para llevar las aguas de lluvia hasta el borde del alero. este último es el más recomendable para las zonas

Fig. A.4. la esterilla debe recubrirse con una lechada de cemento-arena muy líquida, dejándola secar.



Fig. A.4. Antes de aplicar la capa del moretero, se debe humedecer muy bien la cubierta.



rurales en donde no es posible conseguir láminas galvanizadas o de aluminio para los canales.

El sobretecho se construye colocando primero una pieza de bambú perpendicular a las armaduras, uniendo los centros de la primera y última cumblera; posteriormente se coloca de lado a lado de esta pieza y entre cada dos armaduras, un soporte en V para formar las tapas en vez de canalones, las cuales se aseguran de los montantes y de las diagonales de las armaduras con alambre. Posteriormente se adicionan soportes interiores en ambos sentidos con el fin de sostener y fijar la tarima, la cual se recorta colocando previamente dos hilos sobre los bordes de las piezas en V.

Una vez construido el sobretecho se procede a la colocación de cualquiera de las cubiertas anotadas anteriormente.

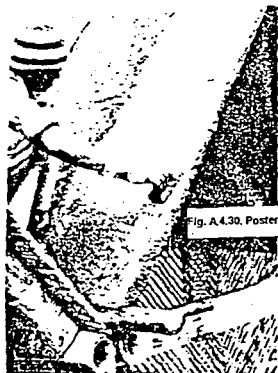


Fig. A.4.30. Posteriormente se aliza con una liana de madera.

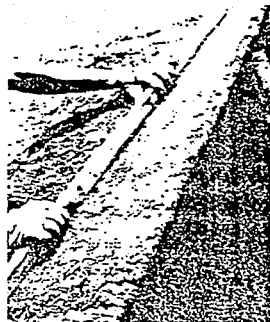


Fig. A.4.29. Se pasa una regla para nivelar y sacar el exceso de material.



Fig. A.4.31. Se pule finalmente la superficie con cuchara de albañil.



Fig. A.4.32. Se rematan los bordes con la ayuda de una regla.

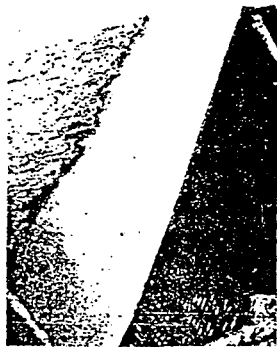


Fig. A.4.33. La aplicación del mortero debe hacerse en franjas verticales.



Fig. A.4.34. Los canalones o uniones de las vertientes deben quedar redondeados. En ningún caso deben tener ángulos.

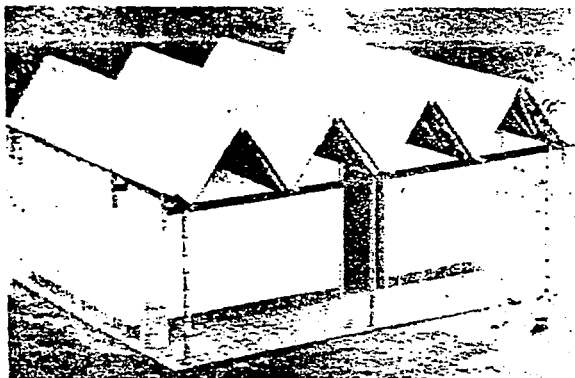
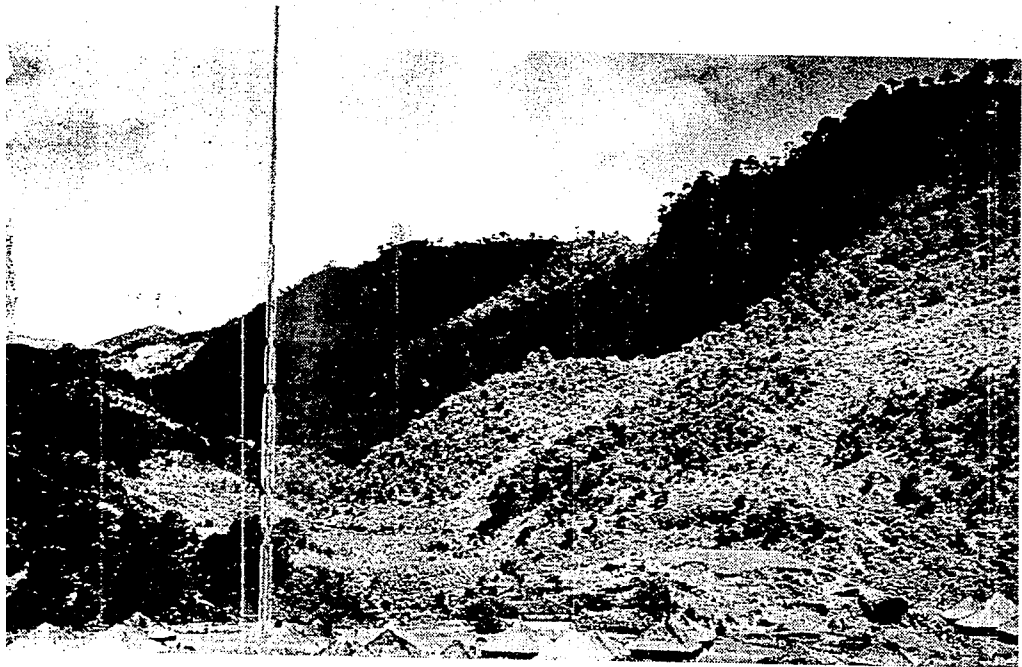


Fig. A.4.25. Vista exterior de un aula terminada en la que se usó la cubierta de suelo-cemento.



ANEXO V

PONENCIA BRASILEÑA DEL III SIMPOSIO CIB / R.I.L.E.M. EN NOVIEMBRE 1989:

"APLICACIÓN DEL BAMBÚ COMO MATERIAL DE BAJO COSTO ENERGÉTICO EN INGENIERÍA CIVIL".

Por: Koshrow Ghavani Ph. D. del Departamento de
Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica de Río de
Janeiro-Brasil.

5.-INTRODUCCIÓN:

En general, los problemas habitacionales pueden dividirse en dos grupos: a) Viviendas Urbanas, donde los desarrollos son logrados tanto por el seguimiento de las reglamentaciones y normas, y por las actividades de construcción no organizadas y no estandarizadas que se encuentran dentro de las ciudades perdidas o los suburbios precarios situados en la periferia de las grandes ciudades. En la mayoría de los casos las viviendas son construidas con cualquier material encontrado en las calles o en los tiraderos de la ciudad; b) Viviendas rurales, en las que las casas son construidas generalmente por esfuerzo propio o auto gestión, con los materiales tradicionales y disponibles conocidos de la región.

Sin embargo, con el uso desorganizado de la madera, por ejemplo en Brasil este material de construcción local y tradicional se está volviendo escaso y si se encuentra es demasiado caro como para ser utilizado por los campesinos locales.

En los casos de las viviendas construidas en las fabelas (barrios de invasión en Brasil) y en las áreas rurales uno de los problemas principales por lo tanto es el de encontrar o conseguir materiales de construcción de bajo costo. Para resolver este problema todos los recursos disponibles, tales como los residuos industriales y agrícolas, así como otros materiales biológicos tales como las fibras de coco, cabuya (sisal), bambúes, cáscaras de arroz debieran ser utilizadas como materiales de construcción. [1 - 2]

Desde 1979 varios programas de investigación sobre el uso del bambú y fibras de coco como materiales de bajo costo en la construcción, han venido desarrollándose en el Departamento de Ingeniería Civil de la Pontificia Universidad Católica de Río de Janeiro. En este trabajo se dan algunas ideas principales de los estudios del bambú como material de construcción de bajo costo, y están indicadas las áreas hacia las que es necesario extender la investigación. [3 - 8]

5.1.- EL BAMBÚ COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN DE BAJO COSTO Y BAJA ENERGÍA

En años recientes muchos investigadores han empezado a explorar el uso de materiales de construcción

alternativos de bajo costo y bajo consumo de energéticos en su edificación. Dentro de las muchas posibilidades de tal sustitución, el bambú que es una de las plantas de más rápido crecimiento, tiene un gran potencial económico. El bambú crece en la parte tropical y sub tropical del Brasil. Se han registrado en algunas especies de bambú en condiciones correctas de crecimiento tanto como 1.20 mts. en 24 horas. [9 - 11]

Los bambúes obtienen su máximo peso y fortaleza en 2 ó 4 meses y de 3 a 5 años respectivamente, dependiendo del tipo y las especies. El promedio de energía de producción por unidad de fuerza del bambú es de cerca de 30 MJ / m² / MPa. En la tabla N° 1 la producción de energía por unidad de fuerza, de otros materiales comúnmente usados en ingeniería civil son comparados con el bambú, y como se puede ver la madera común necesita 3 tiempos y el acero 50 tiempos mas de energía de producción para resistir una unidad de fuerza, N/mm². [12]

MATERIAL:	Bambú	Madera	Concreto	Acero
MJ/ m ³ / MPa	30	80	240	1500

Tabla N°1 Energía de producción por unidad de fuerza para diferentes materiales de construcción.

El rendimiento anual de bambúes secados con aire en Asia es de entre 2 y 14 toneladas por hectárea. Algunas especies han sido reportadas que producen más de 30 toneladas por hectárea. [9 - 10]

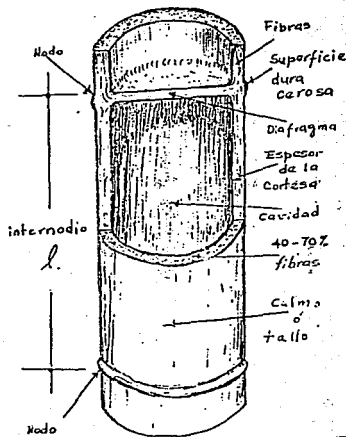


Fig. A.5.1. Varias partes del culmo de bambú.

5.2.- PROPIEDADES BIOLÓGICAS Y FÍSICAS DE LOS BAMBÚES

Los bambúes son especie de plantas gigantes y no arboles como comúnmente se les llama. Pertenecen a la familia de las bambusoideas. El registro de las especies de bambú está muy lejos de estar completo y algunos han sido clasificados bajo más de un nombre. Existen en el mundo más de 700 especies conocidas de bambú clasificadas en cerca de 50 géneros distintos.

El tallo del bambú es un tubo o caña cilíndrica que esta dividido por diafragmas transversales en los nudos. El tubo o caña del bambú consiste principalmente de un 70 % de fibras longitudinales, que están distribuidas no uniformemente a través de la sección. La distribución es mucho más densa en la parte exterior. Las fibras están discontinuadas en los nodos, lo que tiene por resultado una disminución de la resistencia del bambú en estos puntos como se muestra en la figura N° 1.

Las propiedades físicas de los bambúes que existen en Río de Janeiro han sido estudiadas, los valores promedio de las propiedades físicas de los bambúes estudiados están dadas en la tabla N° 2. Es importante observar que el peso específico de los bambúes varían entre 6.5 KN/m³ a 9 KN/m³ con valor promedio de 8.5 KN/m³ y con la humedad natural del 15%. El análisis estadístico de la variación de los cambios de los internodios "I", diámetro "D", espesor de la concha "t", la distribución de la fibra a través de la sección etc. esta dado en la referencia [7].

Tabla No. 2. Propiedades físicas de algunas especies de bambú de Río de Janeiro

Propiedades físicas de las especies (Promedio)	Bambusa Multiplex Kacash	Bambusa Multiplex Disticha	Bambusa Tolcoidis	Bambusa Guadua Superba	Bambusa Vulgaris Imperial	Bambusa Vulgaris Schard	Dendrocalamus Giganteus
Color	Verde	Verde esmeralda	Verde claro	Verde	Amarillo con franjas verdes	Verde	Verde oscuro
Largo (cm)	300.00	750.00	800.00	900.00	1000.00	1300.00	2100.00
Internodal (cm)	45.00	48.00	40.00	35.00	35.00	40.00	50.00
Diámetro (cm)	2.00	3.20	3.50	9.00	7.00	8.00	10.00
Grosor (cm)	0.35	0.35	0.60	0.80	0.80	0.90	1.1
Peso Especifico KN/m ³	8.80	9.20	9.60	9.00	6.50	7.20	9.00
Humedad Natural %	16.40	16.20	15.69	18.30	16.00	13.00	17.60

5.3.-PROPIEDADES MECÁNICAS

Se han establecido las propiedades Mecánicas de siete especies de bambúes tratados de Río de Janeiro que pueden ser usados en construcciones de bajo costo. El tiempo de maduración de esto bambúes varían entre 3 y 5 años. Para cada tipo de bambú la variación de la resistencia a lo largo del tallo y la influencia del nodo en su resistencia fueron establecidos.

Para la determinación del porcentaje de valores y de la desviación estandar de la tensión, compresión y esfuerzo cortante en cada una de las series, se llevaron a cabo 12 pruebas. Uno de los principales problemas para encontrar las propiedades mecánicas del bambú fue la selección del espécimen de prueba el que fue establecido después de varios estudios piloto. El resumen de más de 1000 pruebas está dado en la tabla N° 3 y se explica a continuación.

Resistencia a la tensión.- El espécimen de tensión se muestra en la figura N°2 fue usado a través del programa de pruebas, como se puede apreciar en la tabla N° 3 la resistencia a ala tensión "Ot" del bambú es alta. Para el bambú *Vulgaris Schard* el Ot de cerca de 200 MPa fue registrado. Esto hace posible que el bambú pueda ser un sustituto muy atractivo del acero o del aluminio, especialmente cuando el radio de la resistencia a la tensión para el peso específico del bambú "Rb" como el dado en la tabla N° 4 donde se comparó con el acero. Se puede notar que el Rb del Bambú es 5 veces mayor que el de la estructura del acero.

Propiedades de propiedades mecánicas		Especies	Bambusa Multiplex Racash	Bambusa Multiplex Disticha	Bambusa Tolcoidis
Tensión	no nudos	σ_t	124.7	124.5	119.5
	nudos	$E_t \times 10^3$	12.1	14.10	11.93
	no nudos	σ_t	96.3	74.3	104.00
MPa	nudos	$E_t \times 10^3$	10.05	11.64	9.27
	no nudos	σ_c	35.70	28.25	38.02
Compresión	nudos	$E_c \times 10^3$	3.30	4.21	3.01
	no nudos	σ_c	27.20	20.30	3.10
MPa	nudos	$E_c \times 10^3$	2.80	3.30	2.90
	no nudos	σ_h	98.30	80.80	100.00
Presión	nudos	$E_h \times 10^3$	9.68	11.87	9.34
	no nudos	σ_h	71.00	60.00	86.5
MPa	nudos	$E_c \times 10^3$	8.03	8.63	7.26
	Parte	T(MP)a	62.00	53.00	54.50
			Bambusa Guadua Superba	Bambusa Vulgaris Imperial	Bambusa Vulgaris Shard
Tensión	no nudos	σ_t	146.5	134.4	170.6
	nudos	$E_t \times 10^3$	11.16	7.75	10.97
	no nudos	σ_t	112.3	48.05	127.77
MPa	nudos	$E_t \times 10^3$	9.12	6.05	8.81
	no nudos	σ_c	47.80	41.10	52.67
Compresión	nudos	$E_c \times 10^3$	3.34	2.48	3.24
	no nudos	σ_c	35.70	12.30	39.67
MPa	nudos	$E_c \times 10^3$	2.65	2.10	2.59
	no nudos	σ_h	113.50	116.00	141.33
Presión	nudos	$E_h \times 10^3$	9.24	6.62	9.35
	no nudos	σ_h	89.75	41.75	106.94
MPa	nudos	$E_c \times 10^3$	5.16	6.73	7.35
	Parte	T(MP)a	48.00	40.08	41.17

Tabla NO. 3. Propiedades mecánicas de algunos bambúes de Río de Janeiro.

En general, el O_t de los ejemplos de bambú estudiados está entre 48 MPa y 170 MPa. Los módulos de elasticidad " E_t " en tensión se encontraron que estaban entre 5,2 a 14,5 KN/mm^2 . Por lo tanto en la literatura disponible el $O_t = 370 \text{ Mpa}$ y $E_t = 28 \text{ KN/mm}^2$ fueron reportados. [6]

Resistencia a la compresión.- La resistencia a la compresión " O_c " de los bambúes, se establecieron al usar el espécimen que se muestra en la figura N° 3 y se encuentra en el rango de 12,3 a 52,7 MPa. Sus módulos de elasticidad " E_c " variaron entre 2,1 a 4,21 KN/mm^2 . Por lo tanto los valores de $O_c = 92 \text{ MPa}$ y $E_c = 20 \text{ KN/mm}^2$ han sido reportados en el texto, y esta claro que la resistencia del bambú a la compresión es considerablemente menor que su resistencia a la tensión.

Resistencia al doblado o curvatura.- El tamaño y el tipo de espécimen usado en la prueba de doblado se muestra en la figura N° 4. El promedio máximo y mínimo de la resistencia al doblado " O_b " a lo largo de las fibras se encuentra entre 41,75 MPa y 141,33 MPa y 5,18 KN/mm^2 y 12,18 KN/mm^2 respectivamente.

Resistencia al corte.- Las dimensiones del espécimen de las pruebas de corte fueron de 12cm. x 1cm.. La forma de hacer el experimento se muestra en la figura N° 5. La fuerza de corte " T ", perpendicular a las fibras, de los bambúes estudiados variaron entre 40,1 MPa y 62 MPa.

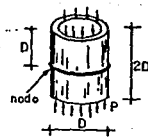
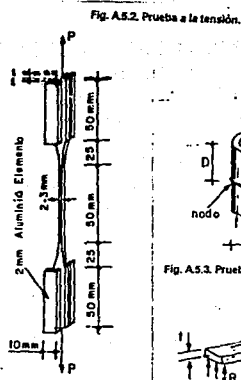


Fig. A.5.3. Prueba a la compresión.

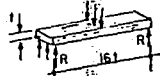


Fig. A.5.4. Prueba a la fricción y doblado.

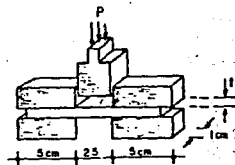


Fig. A.5.5. Prueba al corte.

5.4.- ESTRUCTURA BAMBÚ - CONCRETO

Los cambios dimensionales del bambú junto con las variaciones de su humedad influyen en las bondades y características del bambú cuando este es usado en combinación con el concreto y otro material. Durante el colado y curado del concreto, los refuerzos de bambú absorben agua y se expanden. Las celdas del bambú empujan al concreto desplazándolo. Entonces al final del periodo de curado el bambú pierde la humedad y se vuelve a encoger casi hasta sus dimensiones originales dejando huecos a su alrededor.

Para mejorar la adherencia se han estudiado varios métodos efectivos. El uso de dos revestimientos de epoxy y "negrolaine" con arena esparcida en su superficie ha mejorado satisfactoriamente la adherencia del bambú en el concreto ligero y normal [3,4,6,7].

Al buscar un tratamiento efectivo para mejorar la adherencia y la impermeabilidad, las propiedades de las sustancias aplicadas al bambú y al concreto fueron consideradas, además de la creación de superficies rugosas, en el bambú tratado.

Las pruebas realizadas en vigas de concreto simplemente apoyadas, han demostrado un comportamiento excelente. Siendo el largo total de las vigas de 340cm y la sección transversal de 12 x 30cm. Quedó establecido el radio del segmento del bambú en la sección transversal de la viga i y p es cercano al 3.5% y el tratamiento con "negrolaine" e "igol-1", produce el mejor resultado.

Tabla No. 4. Comparación entre las fuerzas de tensión y el peso específico del bambú, el aluminio y el acero estructural.

Material	Tensión Dureza σ_c (MPa)	Peso γ KN/m ³	$R = \frac{\sigma_c}{\gamma}$	$R_{material}$ Racero
Bambú	137.00	8.50	16.12	5.02
Acero "A36"	250	78.00	3.21	1.00
Aluminio	300	27.90	10.75	3.36

En general el concreto ligero reforzado con bambú mostró los mejores resultados cuando son comparados con los resultados de las vigas probadas con concreto normal. Como agregado aligerador se ha usado la arcilla ligera expandida.

5.5.- LOSAS PERMANENTES DE CERRAMIENTO

Para reducir el costo de los cerramientos en las estructuras de concreto se colocaron mitades de bambú juntas a lo ancho de la losa, empleándolas como cimbra perdida, las cuales algunas veces actúan como elementos de tensión. Se llevaron a cabo dos series de pruebas para estudiar el comportamiento del bambú en losas permanentes de concreto. Las primeras series se hicieron con losas de concreto normal. La primera cubierta con arena fue usada con un material repelente al agua [6].

La segunda serie de pruebas fue ejecutada con concreto ligero [13], como se muestra en la fig. No.6. En el último caso los resultados comparados con aquéllos efectuados a losas hechas con acero, mostraron cargas esencialmente mayores. esto fue atribuido principalmente a la existencia de los diafragmas en los nodos. su trabajo como conectores dentro de la losa quedó demostrado. De cualquier modo son necesarios estudios adicionales para establecer un método de aplicación de los refuerzos de los diafragmas de manera que no se produzcan fallas de ductibilidad.



Fig. A.5.6. Refuerzo permanente de bambú en concretos livianos o ligeros.

5.6.-ESTRUCTURA ESPACIAL DE BAMBÚ

En la práctica los bambúes raramente son usados en la construcción de armaduras de doble capa. esto se debe principalmente a la dificultad de unir los postes o secciones entre sí.

Para resolver este problema, además de la utilización de los amarres o uniones tradicionales, tejidos con cuerdas y cables o juntas usadas en estructuras confiables de bambú, se han usado otros métodos, tales como los experimentados en las estructuras de doble capa de armado, habiéndose desarrollado una junta especial para estructuras de bambú [5].

En la fig No. 7 se muestra una de estas uniones usando juntas cuadradas. El estudio está aún en vías de efectuar análisis y pruebas de una estructura de doble capa de armado tal y como se muestra en la fig. No. 8. Paralelamente con éstos, son estudiados otros tipos de uniones o juntas [14 y 15].

5.7.-OBSERVACIONES FINALES

El autor se da cuenta de que la construcción de las viviendas de bajo costo, tanto en las áreas rurales como en las urbanas, es un problema complicado; su solución por lo tanto, demanda un enfoque o ataque dinámicos, particularmente en vista del hecho que la mayoría de la población en los países en desarrollo no tiene la capacidad económica para obtener las comodidades de la vivienda moderna.

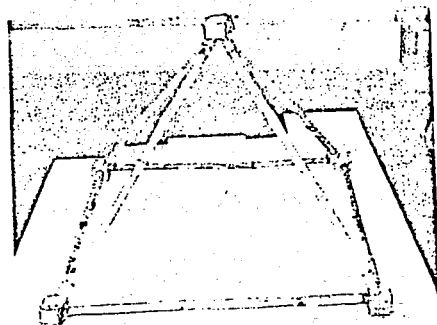


Fig. A.5.7. Unidades para la fabricación de una estructura espacial de doble capa, hecha con bambú.

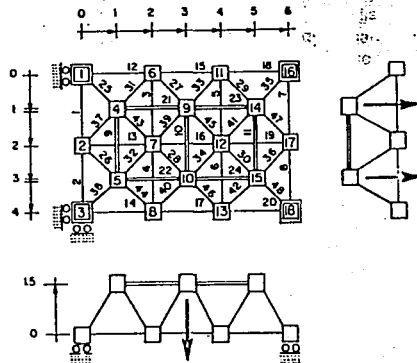


Fig. A.5.8 Estructura de doble capa de bambú.

Por lo tanto, el costo de la vivienda en estas regiones debe ser abatido al mínimo posible de manera que el importe total pueda ser cubierto por las personas interesadas.

Para lograr este objetivo, todo tipo de material disponible debe ser usado. el trabajo de investigación reportado en este documento ha demostrado el gran potencial que el bambú tiene como material de construcción.

El autor y sus colaboradores han efectuado investigaciones sobre el uso del bambú durante los último 10 años, pero, desafortunadamente no han existido condiciones razonables de soporte financiero que se dediquen a esta importante investigación, que podría contribuir enormemente a la solución de la vivienda en el Brasil. El autor considera que estudios y pruebas más amplios son necesarios en, los siguientes temas, de manera que se complete esta investigación:

1.- Estudiar el comportamiento físico y mecánico de todas las especies de bambú existentes en Brasil.

2.- Estudiar el comportamiento de los materiales repelentes al agua aplicados al bambú, bajo varias condiciones ambientales para observar su comportamiento a la adherencia y a los cambios de humedad;

3.- El comportamiento de adherencia de distintos bambúes sujetos a diferentes variaciones de tratamientos de humedad.

4.- La interacción del bambú con otros materiales tales como el recubrimientos con morteros de cal o yeso.

5.- El desarrollo de nuevos elementos estructurales hechos con bambú:

6.- El desarrollo y análisis de nuevas juntas para armaduras de bambú y para estructura espaciales construidas con bambú.

7.- Métodos masivos de producción y distribución de bambú en Brasil:

8.- El desarrollo de proyectos de vivienda popular usando diferentes elementos estructurales de bambú.

Se espera que esta modesta contribución del autor sirva como preludio para alcanzar mayores esfuerzos de investigación, para propagar el conocimiento y uso del bambú no sólo como un material estructural y geotécnico de ingeniería, sino también de modo que se emplee en obras más importantes de Ingeniería Civil.

5.8.- RECONOCIMIENTOS:

El autor quiere agradecer la contribución y cooperación de las señoras: Martinesi, Andrade, Antunez, Hombuck; de la señora Cecilia S. de Castro y Moreira, L. E. en la ejecución del programa de investigación. Además quiere agradecer a los profesores: Zielinsky y Douglas y al señor Noureavan, de la Universidad de Concordia, por sus contribuciones en las pruebas de las losas de concreto. Y gracias se dan a Isabel por la reproducción de los dibujos y a Eni por la mecanografía.

FALTA PAGINA

No 71 a la.....

ANEXO VI

RELACIÓN MATEMÁTICA

El bambú es la única planta en la cual se ha encontrado que existe una relación matemática en su desarrollo basada en el número 3, por lo cual Satow (1899) dice que esta planta corresponde al "sistema Ternario". Según este autor, los tallos alcanzan su madurez entre los 3 y los 6 años, florecen cada 30, 60 ó 90 años o sea en periodos múltiplos de 3. Los rizomas más cortos tienen entre 3 y 6 nudos, los más largos entre 19 y 12. El número total de nudos en los tallos más largos es de 60, 63 ó 66.

Completando lo expresado por Stow vale la pena anotar que existe un método muy utilizado en Japón por los compradores de bambú para determinar aproximadamente la altura de un tallo de bambú en la mata sin que sea necesario cortarlo o utilizar aparatos de precisión. Este método consiste en tomar la circunferencia del tallo de bambú, a una altura sobre el suelo de 1.50 metros aproximadamente y se multiplica por un factor, que varía según la especie, y cuyo promedio es de 60, (que es múltiplo de 3).

Por ejemplo, si la longitud de la circunferencia es de 0.40 metros, la altura del tallo será $0.40 \times 60 = 24$ metros. Si la longitud del tallo es igual o mayor a la calculada, el tallo es considerado de buena calidad. Si es menor, de baja calidad. En estudios preliminares que realizamos en la Universidad, para calcular aproximadamente la altura de la guadua (*Bambusa guadua* var. *Castilla*), encontramos que el factor por el cual se debe multiplicar su circunferencia o perímetro es 58.2 aproximadamente.

Otra teoría muy interesante es la de Dickason (1941), quien considera que la relación matemática entre la longitud de la circunferencia (C) y la longitud del entrenudo (L) situado a 1.35 metros (4.5 pies) sobre el nivel del suelo, en un tallo de bambú en la mata. Puede servir como diagnóstico en la identificación de los bambúes, y da las siguientes relaciones C/L para algunas especies: *Bambusa wamin* Br. 1.4; *Dendrocalamus giganteus* Mun. 1.2; *Bambusa vulgaris* Shard. 0.92; *Bambusa vulgaris* var. *Striata* Riv. 0.90. Con base en lo anterior, la relación C/L de la *Bambusa guadua* var. *Castilla* sería 1.7.

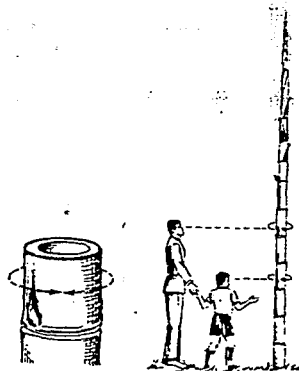


Fig. A.6.1 Método visual de medición relacionando el diámetro con la altura del bambú.

FALTA PAGINA

No 73.a la.....

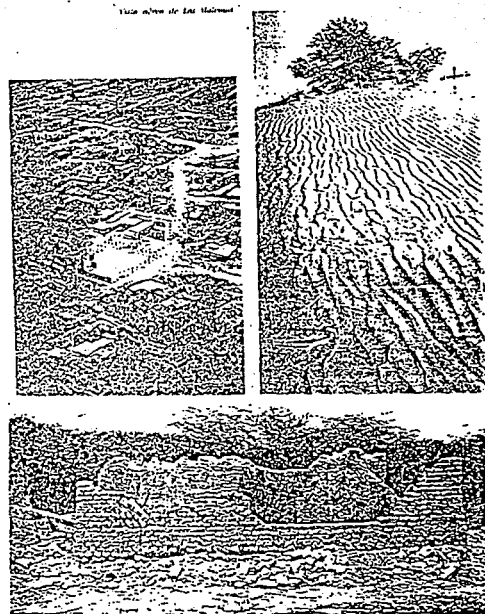
ANEXO VII

UNA ISLA EN EL DESIERTO Y VIVIR EN LA ARENA, RESUMEN DE UNA EXPERINCIA DE HABITAT SOCIAL EN PERU:

Han pasado ya varios años desde que se trabajó en el "Proyecto Hábitat de las Malvinas" (Primer Premio en el área de vivienda social en Lima-Perú en 1988 y varios mas en los años predecesores, concedidos por el Centro de las Naciones Unidas para Asentamientos Humanos). Dentro de los cuales se cuenta con cerca de 800 metros techados de locales sociales, parte de el programa de autoconstrucción de viviendas en proceso y muchos aspectos económicos, sociales y técnicos, son el testimonio del desarrollo integral de este trabajo.

La causa del Proyecto quedó establecida cuando de 1982 a 1983, las fuertes lluvias e inundaciones arrasaron poblados completos del Perú, como La Arena, Tamarindo, El peñal, etc. consecuëntemente surgió la migración de los habitantes de estos hacia otros distritos, sobre poblando los sitios pequeños de los alrededores.

Siendo un azar del destino que, en esa misma época se fundara en Ginebra, Suiza, la Fundación del Movimiento Internacional para la Realización del Hábitat Social (MIRHAS-Internacional) para promover y apoyar las sociedades de construcción dinámica del desarrollo de la comunidad. Estos grupos son promovidos en América Latina por el arquitecto Emilio Luisoni, quien conjuntamente con Eliseo Guzmán (presidente de la



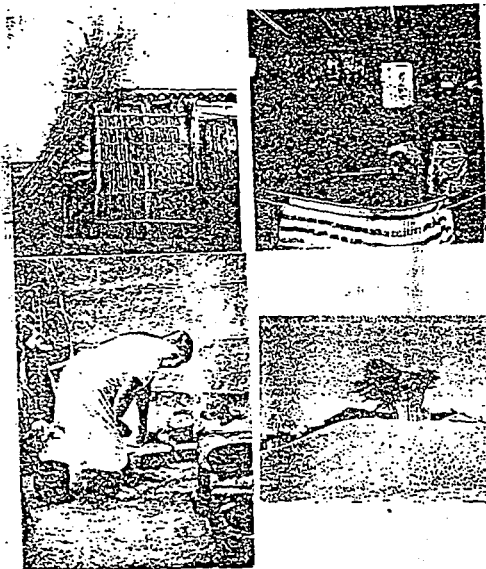
asociación) y Michel Baetting (Redactor del diario La Suisse), escogen a Piura para empezar su labor social conjuntamente con el asentamiento humano de las Malvinas que no contaba con ningún tipo de infraestructura social.

Así pues, para comenzar, se firman tratados con los habitantes y se plantea el costo del financiamiento en aproximadamente 182,000 dólares. Para juntarlos, se organizó una colecta promovida por el diario La Suisse que comenzó el 5 de Mayo de 1985. Con la generosa donación de 240,000 Francos Suizos, otorgados por las autoridades de la Ciudad de Ginebra, el proyecto arranca con un equipo de ocho miembros encabezados por Eliseo Guzmán, y un asesor desde Ginebra que hace visitas periódicas: Emilio Luisioni.

Con este proyecto de mejoramiento del hábitat social se planeó incrementar:

- El conocimiento de las condiciones locales mediante la presencia permanente en el lugar.
- Control de las decisiones de la población y/o sus representantes para obtener garantías del cumplimiento de los objetivos.
- La búsqueda de respuestas de calidad a las diferentes áreas especializadas al mejoramiento de las habitacionales en autoconstrucción, para establecer vínculos sólidos con las comunidades.
- Investigar métodos constructivos para dar soluciones reales y eficaces a los problemas de viviendas, ya sean rurales o citadinas.

Letras e imágenes de una
extremada actualidad



- Promoción de talleres y empresas productoras de materiales para dar fuentes de trabajo y conocimiento a los pobladores.
- Incrementar las redes de servicios básicos.
- Fomentar las actividades deportivas y culturales.

En las áreas de trabajo se encuentran:

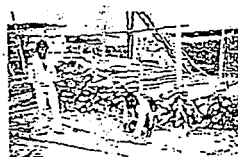
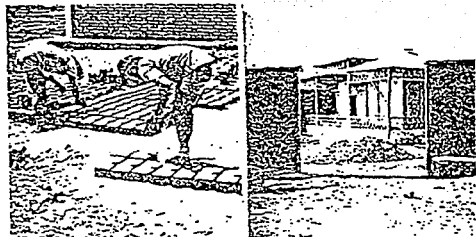
Socio-Económica-Cultural.- Promueve la organización comunal y la participación en las actividades culturales y permite la progresividad del proyecto.

Urbanismo y Arquitectura.- Cubre las necesidades de los principales fundamentos habitacionales, presenta sistemas constructivos y metodologías innovadoras, así como la capacitación y asesoramiento de nuevos técnicos y arquitectos para la realización de la infraestructura del núcleo social.

Producción de Materiales y Equipos.- Identifica los materiales locales, lugares de extracción y explotación adecuada para los mismos, realizando la capacitación laboral y participando en la elaboración de metodologías y diseño de sistemas apropiados para la autoconstrucción.

Tecnología Apropriada.- Soluciona los problemas energéticos y de equipamiento utilizando recursos locales para economizar las inversiones y los procedimientos, así mismo impulsa la divulgación de soluciones.

Para poder interaccionar todas las áreas, se llevó a cabo un diagnóstico socioeconómico previo para tener un conocimiento objetivo y claro del estado de la población y suelo de los lugares donde se iniciaría el proyecto. Para este, los estudiantes locales, hicieron censos ayudados



Extracción de madera y apertura de caminos



La carpentería y mueble de tal



Taller de topografía

por siete especialistas del equipo MIRHAS-Perú, para poder sacar así datos fundamentales.

Pero eso no fue todo, se hizo un estudio de materiales locales para la autoconstrucción para hacer más económico su explotación y uso, así también se hicieron pruebas de resistencia y durabilidad. Quedaron así como primordiales: el yeso, la cal, la caña de Guayaquil o Bambú, caña brava, carrizo, conchuela o Yapato, barro y cáscara de arroz o Tamo.

SISTEMA CONSTRUCTIVO

Paralelamente con la búsqueda de materiales, se hizo un sistema de construcción apropiado y tradicional al área. Alguno de sus puntos que se consideran importantes se especifican a continuación:

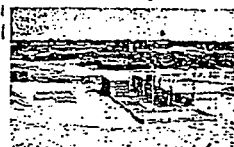
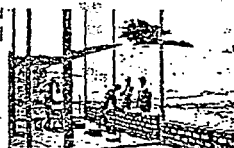
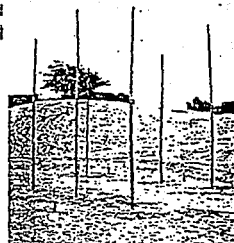
- Economía con la explotación de recursos locales, lo cual disminuyen costos de transportación y pueden ser extraídos por el mismo poblador.
- Es sísmico.
- Resistente a las lluvias.
- Posibilidad de crecimiento progresivo.
- Mano de obra con corto proceso de capacitación.
- Aplicable a la Autoconstrucción.
- Genera fuentes de trabajo en la producción de insumos.
- Elevado nivel de aislamiento térmico y ventilación (se obtienen hasta 7 grados de diferencia entre la temperatura interna y externa).

Además es tradicional porque:

- Se emplean técnicas ancestrales (quincha, trenzado de caña etc.), por lo cual no hubo dificultad de enseñanza y



Quinchas y sistema en huano.



Exposición de pisos

MIN. DE OBRAS P. B.
ASISTENTE AL M. DE OBRAS

se mejoraron la calidad y resistencia al incorporar cáscara de arroz, la cal y efectuando cúpulas de bambú.

El sistema constructivo surgió como resultado de condiciones existentes en el lugar, tales como la observación y solución de los problemas, surge el sistema de quincha (adobe comprimido) como alternativa para evitar cimentaciones profundas, cimentación única de columnas con zapatas de concreto como soporte y protección de bambúes o troncos.

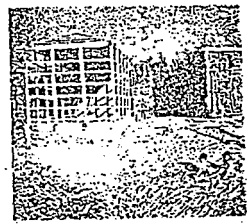
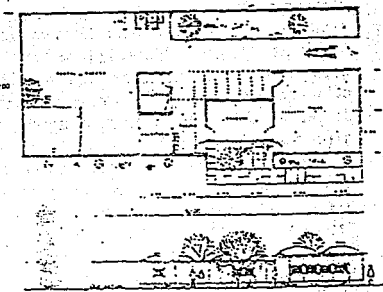
Se desarrolló una doble impermeabilidad adecuada para la cimentación, el barro para adobes se sometió a un tratamiento de batido y putrefacción por cuatro días, se le agregó cáscara de arroz y se estabilizó con cal, siendo compactado con una bloquera después de muchos ensayos previos.

Así mismo los techos son grandes cúpulas de caña y bambú con base cuadrada (3.30 por 3.30 mts.) en forma de gran canasta como la que hacen los habitantes.

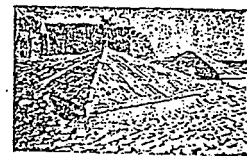
Esta cúpula forma una estructura autoportante que elimina el uso de viguetas ya que las cargas son repartidas perimetralmente en la base y se soporta con cuatro cañas o eucaliptos como columnas en cada esquina. se construye con tiras de bambú, carrizo y caña brava soportados por lo mismo que el techo, e interiormente se aplica una capa de yeso, por fuera se protege con yeso, cal y cemento.

Sobre la cúpula se instala un sistema de ventilación de efecto Venturi, que aprovecha el viento para extraer aire caliente del interior y renovarlo.

En las paredes se ubican columnetas de bambú cada 1.10 mts. que se unen cada 0.50 mts. con tiras



Construcción de viviendas.



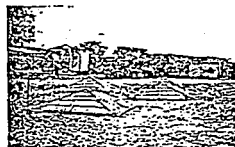
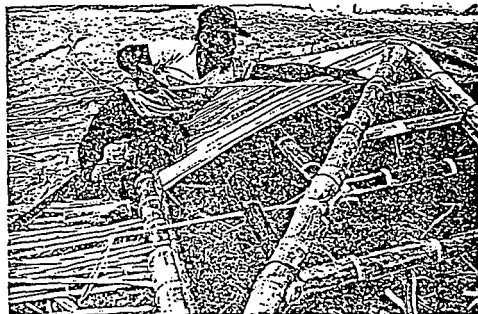
ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

horizontales del mismo material donde se colocan carrizos de forma vertical y se sujeta con tiras de caña haciendo un "sandwich" conocido como encañado, que es resistente y da uniformidad a las paredes que posteriormente son revestidas con tres capas de barro, cal y cáscara de arroz, para después tener una pasada de yeso y pintura imprimante, al agua o látex para un mejor acabado.

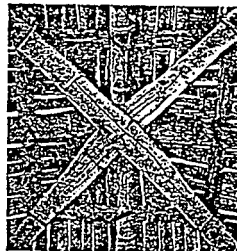
Con los pisos se utilizó conchuela o yapato abundantes en la zona, que, compactados con agua, forman una superficie dura donde es aplicada en una capa de cemento-arena de una pulgada, resultando un falso piso muy eficiente. Los marcos y cercos de ventanas y puertas fueron hechos con madera de tornillo; así mismo, para las ventanas se aplicó un sistema de persianas integrado a la regularización de seguridad de luz y aire.

Se construyeron módulos que se adecúan a las necesidades de cada familia y a los usos que se le den, ya sea como cocina, dormitorio, o incluso aulas y salones de reunión.

Se introdujeron mejoras en el sistema, a fin de evitar gastos inútiles que a la larga solo podrían crear dificultades, ya que se debe dar una respuesta económica y de calidad a la problemática de los asentamientos populares, porque también se deben adecuar las condiciones locales y optimizar el uso de materiales no poco explotados de la zona, además de la capacitación inmediata de la mano de obra y la producción de fuentes de empleo.



Facha en operación



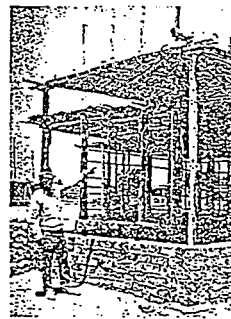
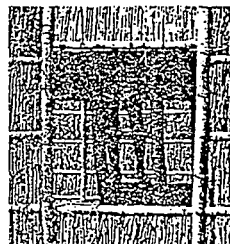
Como primordial se tomó un proyecto urbanístico que cuenta con el apoyo de los habitantes, haciendo una relación de respeto y ayuda mutua, además de la topografía del sitio y cuestión legal.

El núcleo social de 800m² se sustentó en una infraestructura mínima para la instalación del equipo MIRHAS-Perú, la creación de ambientes prioritarios para la reunión y convivencia de la comunidad para generar apoyo y capacitación poniendo en marcha los mecanismos del fondo, permitiendo la realización de ensayos a escala, natural para verificar nivel técnico y económico. Se inició con un conjunto de juegos infantiles en diciembre de 1985.

Parte de el programa de autoconstrucción de viviendas consiste en la integración de la comunidad para aportar su apoyo a través del Comité de Apoyo Local (CAL) y ser asesorados periódicamente por los maestros de obra acerca de la construcción y uso de las viviendas, así mismo un asignado de MIHRAS-Perú administra las empresas y talleres de fondos rotatorios creados para la construcción del núcleo social y el buen funcionamiento de este.

Con los fondos rotatorios para pequeñas empresas y talleres se ha facilitado mucho más la capacitación de los habitantes y con esto se ha agilizado el ritmo de la construcción, así mismo, con ayuda del CAL, los fondos han sido utilizados única y exclusivamente para la población y el mejoramiento de la calidad de las viviendas.

Dentro de otras acciones se encuentran el incremento de servicios básicos, el mejoramiento de la educación, se



aplicó el programa "Chilalo" periódico mural y revista mensual que tiene como objetivo la información crónica de los adelantos y progresos realizados por la comunidad.

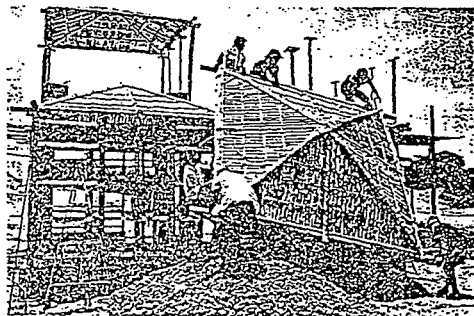
Cuando se introducen ideas nuevas y se llevan a la práctica, se debe contar con orientación profesional, tanto de especialistas como de técnicos para no permitir que la ignorancia haga estragos en lo logrado, así pues, a la juventud y niñez, se le está orientando hacia un horizonte más culto y preparado para las necesidades de la comunidad y el progreso del proyecto.

Aunque empezaron siendo pocos los instructores, gracias a personas como Antonio Bedrikov o Luis Custodio, este número se ha ido incrementando y mejorando notablemente, al igual que la capacitación de los habitantes. Para que este programa de orientación funcione, se realizan evaluaciones entre la población, así como la difusión de las técnicas y centros de enseñanza.

Dentro de los problemas y limitaciones se encontró principalmente el de vencer a la población, hacer las instituciones necesarias, el cuestionamiento de las acciones, postergamiento por condiciones climáticas, cambios políticos, grupos intrigantes cuyo propósito era derrocar al CAL, conflictos por la repartición de bienes de donación, crisis económica, entre otros de menor importancia.

Así pues, poco a poco estos problemas se han ido solucionando con la participación de los habitantes y la acción beneficiosa del CAL junto a los representantes de MIRHAS - Perú. Con la cooperación unitaria y la

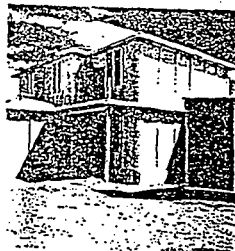
Montaje de techos



Extracción por medio de tractor

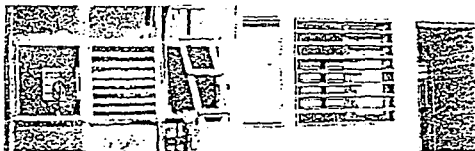
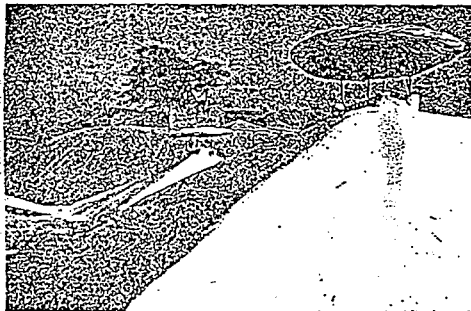


Extracción de agua potable



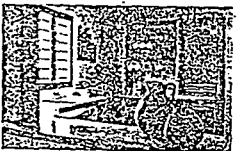
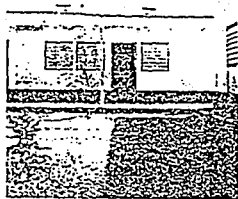
participación de todos, este proyecto ha salido adelante y ha puesto el comienzo para un hábitat mejor.

Sistema de circulación y estacionamiento



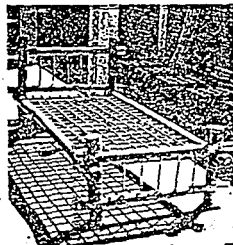
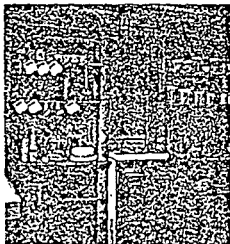
Externo

Interior desde el exterior



Interior principal

Pedro, Miguel y Antonio Elvira
maestros de obra, Consejo del
Ayuntamiento de la construcción.



Perdidos de construcción
en el proyecto de Las Malinas

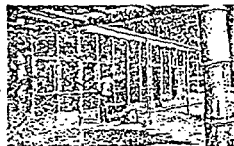
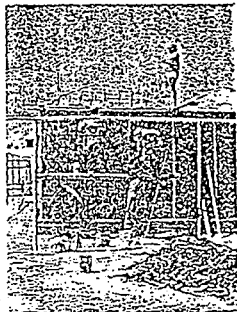
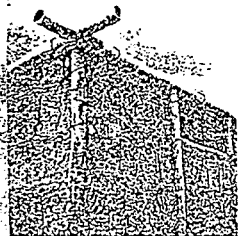
Mapa del núcleo rural



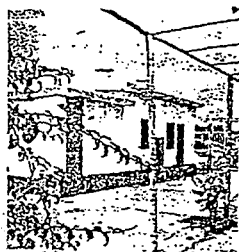
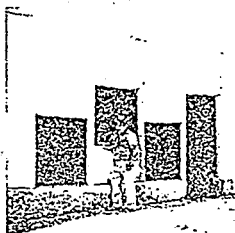
Edificios



La construcción del edificio gradual en parcelas.



Algunas estructuras dentro del edificio de la oficina, en construcción.



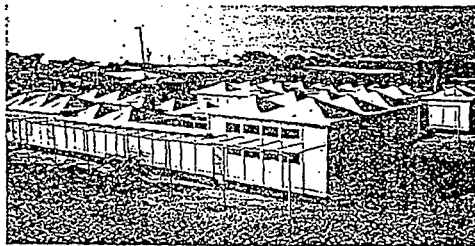
Jardín de la oficina.



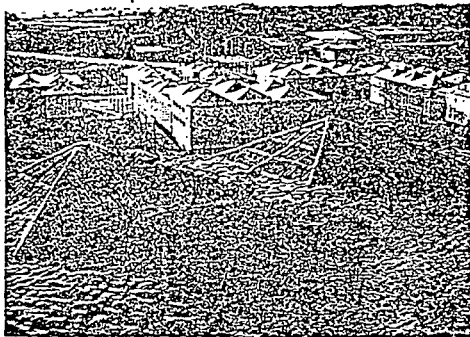
Entrada al mercado central.



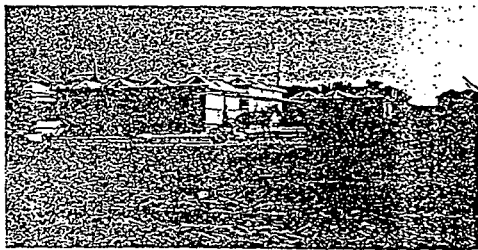
Edificios en primer plano.



El mercado central
visto desde una altura.



Por la tarde, delante del mercado central.



ANEXO VIII EL BAMBU COMO FUENTE DE PROGRESO

Con Proyectos tales como el PNB de Costa Rica (Proyecto Nacional del Bambú), se han demostrado varias veces la gran diversidad de factores aprovechables de la planta de Bambú, dadas sus características, como es en el caso del desarrollo del PBN, cuya finalidad es promover el desarrollo económico y social del país a partir de la satisfacción de sus necesidades urbanas. Con la explotación del bambú abundante en varias zonas, se creará un organismo de capacitación y entrenamiento de la mano de obra, así mismo, se disminuirán los niveles de desempleo y se impulsarán las actividades económicas que distribuirá equitativamente la riqueza nacional.

Con la explotación del bambú se reforestarán áreas estériles y deterioradas así como cuencas hidrográficas. Así mismo se instalarán centros especiales para el cuidado del bambú y su forma de conservación. Pero no solo servirá para viviendas y fachadas, sino también para la decoración de las mismas con la construcción de muebles y utensilios de este material. Como énfasis del proyecto se encuentra ante todo el bienestar de la comunidad, su apoyo directo y su incorporación



¿QUE
PRETENDE
EL
PROYECTO
NACIONAL
DE
BAMBU?

El Proyecto Nacional de Bambú (PNB), busca satisfacer las necesidades de vivienda de la población costarricense - de escasos recursos económicos - que habitan en el sector urbano y rural, mediante la utilización del bambú como un nuevo material de construcción.

voluntaria para que así todos los beneficiados sean agentes del mismo.

Para lograr llevar este plan a cabo , primero se forman grupos entre los habitantes, para encontrar las necesidades más urgentes y la forma mas económica de satisfacerlas, en las que, generalmente, sobresaie el bambú, motivo por los cuales, el PNB envía especialistas en la construcción, conservación, producción, explotación y demás actividades concernientes al bambú para instruir a la población y así mismo crear empresas que generarán empleo en tomo al cultivo comercial del bambú.

Se instruirá a los beneficiados siguiendo una temática integral previamente establecida, en la cual se destacan los puntos de:

- a) Cultivo, corte, extracción y aprovechamiento del bambú.
- b) Exposición de resultados parciales y totales de cultivo y construcción.
- c) Proyectos, metodologías y resultados.

Los principales objetivos de este proyecto están situados entre la población de más bajos recursos y los indígenas del país, proporcionandoles viviendas dignas con bajos costos, así surgirán techo y trabajo para todos a los que se les brinda la oportunidad de participar en esta gran obra.

Dentro de la construcción, aparte de las viviendas, se tiene planeado un sistema de infraestructuras físicas para empresas comunales, plantas portátiles para el

techo al alcance de todos

Por otra parte, el Proyecto favorecerá la utilización del bambú en otras actividades: artesanía, fabricación de muebles y la creación de empresas comunitarias que comercialicen esta materia prima.

Asimismo, pondrá énfasis en el desarrollo de la comunidad, al destacar la incorporación de la mujer en el sistema productivo, de tal forma que todos los beneficiarios sean agentes activos en los logros del Proyecto.



preservamiento del bambú y publicaciones tanto científicas como técnicas para la divulgación popular del uso alternativo del bambú como material de construcción.

Para entrelazar el cultivo del bambú con la construcción se eligieron los bambúes más adecuados que había en la zona, tales como la *Guadua* o *Vulgaris* y la caña brava. Por lo tanto estas serán las especies que se cultivarán en mayor proporción que otras para garantizar una producción de máxima calidad.

En cada región se instalaron áreas de cultivo, con la división de viveros, plántulas y una obtención de más de un millón cuatrocientos mil tallos anuales para el mejoramiento de viviendas, utensilios domésticos y usos artesanales. Se publican también conclusiones y recomendaciones sobre las técnicas empleadas y los métodos de propagación vegetativa para el aprovechamiento y manejo adecuado del bambú.

FASE DE EVALUACION Y FINANCIAMIENTO

Para la evaluación del bambú se organizarán empresas encargadas de las diversas áreas del uso de este material, fines artesanales y de construcción. Los resultados de estas evaluaciones darán la factibilidad técnica, social y económica de la utilización del bambú, como también analizará las desventajas y puntos de fallo del mismo material para poder así equiparar los grados de previsión y control en diversos casos.

CULTIVO



...una esperanza
que crece

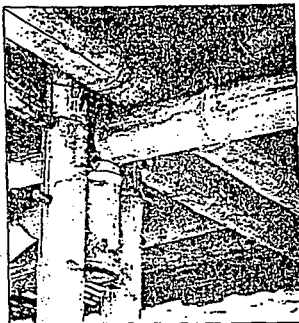
EL BAMBU Y SUS MULTIPLES USOS

El mundo sigue cambiando, hay cada vez más y mejores técnicas de construcción, las ciencias se expanden y los conocimientos se incrementan al igual que la población del mundo, lo cual obliga a aplicar de forma rápida y económica las soluciones a los planteamientos que los grandes asentamientos humanos implican. Sin embargo, el crecimiento de las dificultades para satisfacer a todos es cada vez mayor, por lo que la tecnología de la construcción se ha visto obligada a recurrir a los conocidos materiales alternativos, que deben llenar varios requisitos para poder utilizarse de forma confiable y segura.

El bambú cumple con todos los requisitos alternativos, es adaptable al medio, con acabado estético y de muy bajo costo, además de que dado a su rápido crecimiento se desarrolla en una variedad de condiciones agroecológicas muy extensa y puede empezar a cultivarse a partir de los tres años de su cultivo.

Entre su variedad de ventajas destacan:

- a) Corto período de crecimiento y madurez utilizable.
- b) Ventajas físico-mecánicas ante el riesgo tectónico.
- c) Versatilidad del material



Contribución al esfuerzo nacional en favor de la reforestación.

Interrupción de la creciente importación de materia prima para la construcción.

El bambú se constituye así en un material alternativo y de bajo costo económico.

El Proyecto Nacional de Bambú contribuirá, asimismo, con el Plan Nacional de Desarrollo y con los planes del Sector Vivienda y del mejoramiento de los asentamientos campesinos.

**vivienda
durable,
segura y
con bajos
costos**

d) Fácil integración de estructuras complementarias para la vivienda.

Cuenta además con ventajas económicas-sociales tales como:

- Mano de obra del beneficiario.
- Adaptación a diversas características topográficas.
- Organización comunal.
- Generación de empleos.
- Creación de Microempresas de auto - gestión.
- Explotación de materiales locales.
- Estabilidad en su cultivo, extracción y corta.
- Disminución migratoria por falta de vivienda.
- Contribución a la reforestación.

Gracias a que el bambú es el material alternativo ideal, el PNB contribuirá con el Plan Nacional de Desarrollo y con los planes del Sector Vivienda para lograr así mejor calidad de vida en los grandes asentamientos proporcionándoles viviendas durables, seguras y de muy bajo costo.

UNIDAD DE MANEJO Y ADMINISTRACION DEL PROYECTO NACIONAL DE BAMBU.

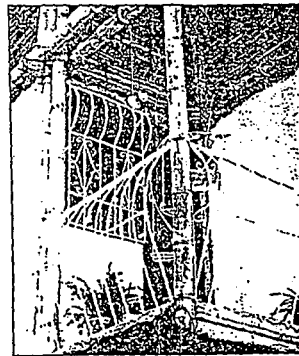
Es una institución creada especialmente para administrar financiera y técnicamente las actividades que se desarrollarán en corto, mediano y largo plazo de duración del proyecto. Sobre ellos recae la ejecución y

La evaluación abarcará:

Estudios de factibilidad técnica, social y económica de la utilización del bambú, para la construcción de viviendas de interés social.

Estudios de rentabilidad del cultivo de bambú.

Organizará diez empresas encargadas de la producción de bambú para la construcción y la artesanía.

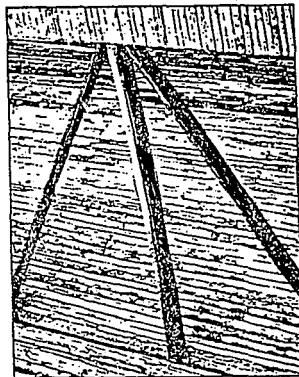


responsabilidad de cada uno de los componentes de esta operación.

Para administrar mejor y más detenidamente se cuenta con una dependencia en cuyo interior se halla una consultoría, asesoramiento y participación directa del personal extranjero calificada y contratada debido a su amplia experiencia en el campo de la construcción con materiales alternativos y la ejecución de viviendas de interés social, siendo apoyados directamente por personal de obra responsable de guiar y asesorar el trabajo en su totalidad.

Las decisiones se toman por común acuerdo entre beneficiarios, unidad de manejo e instituciones, a través de asambleas y convenios, sin embargo, aunque el proyecto abarca todo el territorio costarricense, tendrán prioridad los asentamientos del IDA (Instituto de Desarrollo Agrario) y las comunidades indígenas, haciendo así una filosofía de unión para la superación.

Sin embargo el IDA no es la única organización con la que coopera el PNB, también se encuentran otras como: OIT (Organización Internacional del Trabajo), HABITAT (Centro de las Naciones Unidas para el Desarrollo) , PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), BCIE (Banco Centroamericano de Integración Económica), el Gobierno de Holanda, el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MINVAH), MIDEPLAN (ministerio de Planificación), MAG (Ministerio de Agricultura), DGF (Dirección General Forestal) entre otros.



Apretender entrelazar el cultivo del bambú con su aprovechamiento en la construcción y la creación de microempresas, y al no existir en las áreas urbanas *bambusa guadua*, es necesario iniciar la ejecución del proyecto en las áreas rurales donde se han encontrado cepas de *Guadua* o *Vulgaris* (*Bambusa*) y de *caña brava*.

Por lo tanto, se cultivará *bambusa guadua* y otras especies para la producción futura con el fin de garantizar un desarrollo sostenido de construcción de viviendas y de producción artesanal.

En el área de financiamiento cooperaron varias organizaciones con cuantiosas donaciones para la búsqueda de organismos alternativos de construcción, así como otras organizaciones como la OIT (Organización Internacional del Trabajo) y el Centro de las Naciones Unidas para los Asientos Humanos (HABITAT) brindan capacitación y asesoramiento al proyecto. A continuación se expondrán en una tabla, las más importantes donaciones financieras.

Fuente	Características del financiamiento	Monto en dólares
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)	Cifra indicativa de Costa Rica	\$ 300,000.00
Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE)	Préstamo en de Pre- Inversión	\$ 4,000,000.00
Gobierno de Holanda	Donación de Fondos no-reembolsables	\$ 2,732,792.00
Contraparte Nacional	Costo de Terrenos de cultivo	\$ 625,000.00
TOTAL		\$ 7,657,792.00



CRITERIOS PARA LA SELECCION DE COMUNIDADES.

- 1.- Pertenecer a una comunidad rural localizada en la Región Brunca (zona baja, costeña y Soto Brus) o en la Región Huetar Atlántica.
- 2.- Tener acceso por vías transitables durante todo el año, habilitadas para todo tipo de vehículo automotor.
- 3.- Poseer un radio no mayor de 15km. y suficiente disponibilidad de caña brava y bambú guadua.
- 4.- Pertenecer a un programa parcelero consolidado del IDA, mínimo cinco años de fundación.
- 5.- Pertenecer a una reserva indígena.
- 6.- Estar representadas por una institución pública, autónoma, semiautónoma o de desarrollo rural.
- 7.- Contar con una organización comunal, formal o informal.
- 8.- Requerir de 15 a 30 soluciones de vivienda.
- 9.- Disposición para acoger las sugerencias técnicas que el PNB recomiende.
- 10.- Disponibilidad para la participación en grupo y autoconstrucción.

11.- firmar un "Convenio de Participación" con la Unidad de Manejo del PNB.

12.- Contar con obras de infraestructura básica y comunal, tales como: abastecimiento de agua, salón comunal o similar, escuela y energía eléctrica, entre otras.

13.- Poseer un terreno que no esté en condiciones de "precario".

BIBLIOGRAFÍA :

- 1.-AUSTIN, R.; UEDA, K.; LEVY, D. 1970. Bamboo. New York, EE.UU., Weatherhill. 215 p.
- 2.-CALDERÓN, C. E.; SODERSTROM, T. 1973. Morphological and anatomical considerations of grass Subfamily Bambusoideae based on the new genus *Maclurolyra*. Smithsonian Contributions to Botany No. 11. 51 p.
- 3.- CASTAÑO, N.F. 1986a. Algunos sistemas silviculturales para la propagación y manejo de la *Bambusa Guadua* en Colombia. Corporación Autónoma Regional del Cauca. Notas técnicas forestales. 12 p.
- 4.-CASTAÑO, N.F. 1986b. Algunos aspectos silviculturales de la *Bambusa* sp. en Costa Rica: informe de consultoría al Proyecto Nacional de bambú. Sn. José, C. R., OIT. 24 p.
- 5.-COLLIN, FABER. Las Estructuras de Candela, 1981. Ed. Compañía Editorial Continental, S. A., México D. F., p 7-58.
- 6.- CORTES CH, H.; MANZUR M. D. 1983.- propagación Masiva de *Bambusa guadua* por medio del cultivo "in vitro". Investigación Universidad de Caldas, Facultad de Agronomía, Manizales, Colombia.
- 7.- HENGELS H. 1979. Sistemas de estructuras. Ed. Blume. Madrid, España.
- 8.- GAVIRIA L., A. L.: Bases para un programa de vivienda con *Guadua*. Diseño urbano y arquitectónico: comunidad del Peñol. 1980. Ed. Instituto de Crédito Territorial Regional de Antioquia.
- 9.- GHAVAMIK. 1990. Low cost and Energy saving control and materials . Vol II. Dpto. de Ingeniería: Pontificia Universidad Católica, Río de Janeiro, Brasil. 182 p.
- 10.- HIDALGO L., O.. 1978.- Nuevas técnicas de construcción con bambú. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. 137 p.
- 11.- HIDALGO, L.O. 1981. Manual de construcción con bambú: 1 construcción rural, Bogotá, Col. CIBAM. 71 P.
- 12.- HOYOS, S., A.: Información y solaridad para hacer casas campesinas, 1982. Asociación Campesina, Bogotá, Colonia, Caja de Crédito Rural.
- 13.- HSIUNG, W. 1987. El bambú en China: nuevas perspectivas para un recurso antiguo. *Unasylya* (Italia) 156 (39/2) : 42-49.
- 14.- KIUDA, C.; BAEZA, S.G.; SANCHEZ, S.X. 1983. Programa de bambú en Costa Rica.

Turrialba, C.R., Servicio de Voluntarios japoneses para la Cooperación con el extranjero. 33 p.

15.- KOWALSKI, J. G. Bamboo Reinforced Concrete. Indian Concrete Journal, Vol. 44. noviembre 4 de 1974.

16.- LIN, W-C. 1972. Répartition et utilisation des importants espèces de bambou dans le monde. Madagascar, Centre de Formation pour l'Artisanat du Bambou Sino-Malgassy. 24 p.

17.- LODOÑO M., F.: La Guadua y sus aplicaciones en la construcción. 1970.- Ed. Acadout, 187 p.

18.- MAKOWSKI. 1968. estructuras espaciales de Acero. Ed. Gustavo Gili.

19.- MASANI, N.J. Bamboo Concrete Construction for lower cost housing. Improceedings of the third International Simposium. Montreal, Canadá, mayo 27 de 1979.

20.- MATHUR, G.C. Bamboo for House Construction 1964. New Delhi: National Building Organization.

21.- MC CLURE, F. A. 1952. Bamboo in Latin America. Turrialba (C. R.) 2 (3) : 110 - 113.

22.- MC CLURE, F.A. 1956. El Bambú Como Material de Construcción. Bogotá, Colombia, Centro Interamericano de Vivienda (CINVA). Servicio de Intercambio Científico 49 p.

23.- MC CLURE, F.A. 1966. The Bamboos as a Fresh perspective. Cambridge, Mass. EE. UU. Harvard University Press 347 p.

24.- MURTI, ANA; NARA, OY D.; MOHAN DINESH, 1972: Utilización del Bamboo y la Caña en las construcción. Ed. Adam Wilner, N. York, ONU. 100p.

25.- NUMATA M. 1979. Ecology of Grass Lands and Bamboo Lands on the World. Ed. by N. Numata, The Hague Jonk. 229p.

26.- PARIS: REVISTA No. 345: Technique et Architecture construire in bamboo, 1982, 16 p.

27.- RAIZADA, M. B.; CHATTERJI, R.N. 1956. World distribution of bamboos with special reference to the Indian species and their more important uses. Indian Forester (India) 82 (5): 215-218.

28.- RAMYARANGSI, S. 1987. Bamboo research in Thailand. In International bamboo Workshop (1985, Hangzhou, China). Proceedings: Recent research on bamboos. China, Chinese Academy of Forestry, p. 67-69.

29.- RAO, I.V.R.; RAO, I.U. 1990. Tissue culture approaches to the mass-propagation and genetic improvement of bamboos. In International bamboo Workshop (1988. Cochin, India). Proceedings, India, Kerala Forest Research Institute. p. 151-158.

- 30.- ROJAS, N.O. 1986. Aproximaciones para el plan de manejo de guaduales naturales en el Departamento del valle del Cauca. Cali, Col., Instituto de Investigaciones Científicas INCIVA. 85 p.
- 31.- ROLAND, C. 1965. Freie Otto, Estructuras. Ed. Gustavo Gili, Barcelona, España. 171 p.
- 32.- SALVADORI, M.; LEVY, M. Diseño estructural en Arquitectura, Ed. Celsa, 36a. Ed., México 1978, Cap. XVI y XVII.
- 33.- S.E.P. Y FONART. 1985. Informe de la investigación sobre el cultivo y explotación del bambú en México. Subsecretaría de Cultura y FONART 89 p.
- 34.- SODERSTROM, T.; YOUNG, S. M. 1987. Guía para coleccionar bambúes: estudio botánico, silvicultural, ecológico y económico-industrial de las bambusoideas existentes en Colombia, Cali, Co., Proyecto POLICIENCIAS - INCIVA. 10 p.
- 35.- TONDA, J. A. 1987. "Cascares de concreto armado"- UAM Azcapotzalco- SEP- 132 p.
- 36.- VAN LENGEN, J. 1982.- Manual del Arquitecto Descalzo: "Como construir casas y otros edificios, ed. Concepto, S. A. 545 p.
- 37.- VELA GALVEZ, L. 1982. Los bambúes. Instituto nacional de Investigaciones Forestales (Méx.) Boletín Técnico No. 50. 38 p.
- 38.- VILLEGAS, M. 1989. Bambusa Guadua. Colección: La Cultura del Café. Villegas Editores. Bogotá, Colombia. 175 p.
- 39.- WIDMER, Y. 1985. Caracterización y ecología de Chusquea spp. en el bosque nublado de la Cordillera de Talamanca (Costa Rica) y estudios preliminares para su utilización en la región. Informe final. Turrialba, C. R. CATIE. 57 p.
- 40.- WONG, K. M. 1988. The growth architecture and ecology of some tropical bamboos. Francia, s.n. 8 p. Presentado en: International bamboo Conference (1988, Prance, Francia).