

AT MICROFICHE REFERENCE LIBRARY

A project of Volunteers in Asia

Nuevas Tecnicas de Construcción con Bambu

by: Oscar Hidalgo

Published by:

Estudios Tecnicos Colombianos Limitada

P.O. Box 50085

Bogota

Columbia

Paper copies are \$ 9.00.

Available from:

Estudios Tecnicos Colombianos Limitada

P.O. Box 50085

Bogota

Columbia

Reproduced by permission of Centro de
Investigacion del Bambu, Universidad Nacional,
Bogota, Columbia.

Reproduction of this microfiche document in any
form is subject to the same restrictions as those
of the original document.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Nuevas técnicas de construcción con bambú

Oscar Hidalgo Lopez

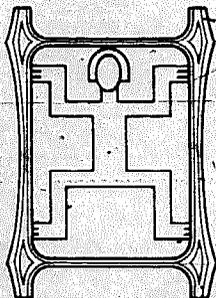
**Nuevas técnicas
de construcción
con bambú**

Esta publicación ha sido patrocinada por el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas", COLCIENCIAS, en cumplimiento de su plan de Investigación y Desarrollo de Productos Naturales Vegetales.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**Nuevas técnicas
de construcción
con bambú**

Oscar Hidalgo López



ESTUDIOS TECNICOS COLOMBIANOS LTDA.

Esta publicación tiene un costo de \$ 120 (no incluyendo el envío), y podrá ser adquirida en las siguientes direcciones:

1. Centro de Información y Documentación, CIDAR, Facultad de Artes, Universidad Nacional, Ciudad Universitaria. Apartado Aéreo 14490. Bogotá, Colombia.
2. Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Apartado Aéreo 50085. Bogotá, Colombia.

Derechos Reservados, Copyright © 1978, por Estudios Técnicos Colombianos Ltda.

Ni este libro, ni parte de él pueden ser reproducidos en forma alguna sin el permiso escrito del autor o de los editores.

CENTRO DE INVESTIGACION DEL BAMBU, "CIBAM",
Facultad de Artes, Universidad Nacional, Ciudad Universitaria.
Apartado Aéreo 54118. Bogotá, Colombia.

PRESENTACION

Esta publicación contiene los resultados de las investigaciones realizadas sobre la GUADUA (*Bambusa guadua*), por el Arq. Oscar Hidalgo López, promotor y Director del Centro de Investigación del Bambú y de Fibras Vegetales, "CIBAM", de la Universidad Nacional de Colombia, creado el 10 de febrero de 1976 por Acuerdo No. 5 del Consejo Superior de la Universidad.

Son sus propósitos: Tratar de formar una nueva conciencia en el campesino colombiano sobre nuestro bambú "la guadua", considerada hasta hoy como la "cenicienta" de nuestros recursos forestales; e impulsar el desarrollo de nuevas y sencillas técnicas de construcción con este maravilloso material, que le permitirán al campesino y a su comunidad construir mejores viviendas, escuelas, e instalaciones rurales.

Los títulos y objetivos de estas investigaciones son los siguientes:

1. NUESTRO BAMBU, LA GUADUA

Le enseña al campesino diversos aspectos sobre esta planta, así como del bambú en general, con el fin de que aprenda a estimarla, cultivarla, y aprovecharla apropiadamente, para evitar la destrucción y extinción de nuestros guaduales.

2. ESTRUCTURAS TIPO "A" PARA BENEFICIADEROS DE CAFE

Le enseña al pequeño caficultor cómo construir en bambú un pequeño beneficiadero de café o una vivienda de bajo costo, utilizando para ello este sencillo tipo de estructura que por su forma se ha denominado tipo "A", y que tradicionalmente se ha construido en madera.

3. ARMADURAS TRIDIMENSIONALES PREFABRICADAS PARA TECHOS

Este nuevo tipo de armadura de bambú para techos es muy liviana, por lo cual puede prefabricarse o construirse en el suelo, ya sea antes o después de construida una sencilla estructura portante, sobre la cual se coloca posteriormente el número de armaduras que sea necesario. Esto permite que una

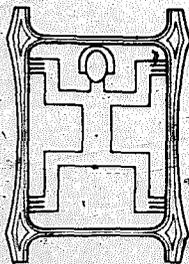
comunidad campesina pueda construir por el sistema de ayuda mutua o de autoconstrucción sus viviendas, escuelas y centros comunales, como también establos y galpones para avicultura, porcicultura, etc.

4. BAMBU-CEMENTO

Nueva y sencilla técnica de construcción derivada del "ferrocemento", que le permitirá al campesino construir sus tanques para almacenamiento de agua o para fermentación del café, como también tanques sépticos, aparatos sanitarios, lavaderos, silos, etc., a partir de canastos tejidos con cintas de guadua o de cualquier otro bambú.

5. CONCRETO REFORZADO CON CABLES DE BAMBU

Describe los experimentos que se realizaron sobre el empleo de cables hechos de bambú como refuerzo en el concreto, en reemplazo de varillas de acero. Con esta nueva técnica se superan en su mayor parte las dificultades o problemas que se han tenido hasta ahora en el empleo de tablillas o de bambúes completos como refuerzo en el concreto, permitiendo al campesino utilizar este material con mayor seguridad y a un menor costo, en la construcción de pequeñas estructuras de concreto para uso rural y de elementos prefabricados, de los cuales se indica la construcción de postes para cercas.



Dice la leyenda, que el primer hombre y la primera mujer llegaron al mundo en entrenudos diferentes de un mismo tallo de bambú. Desde entonces esta planta les ha dado protección.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar sus más sinceros agradecimientos a las siguientes entidades y personas que hicieron posible la realización de estas investigaciones, así como esta publicación:

1. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA y FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS de Palmira.

Dr. Luis Eduardo Mesa Velásquez, Exrector de la Universidad; Dr. Germán Bernal Bonilla, Exdecano de la Facultad, de quienes el autor recibió el mayor apoyo moral.

Directivas de la Facultad.

Ingenieros Agrónomos: Adalberto Figueroa, Jorge Escobar, Fernando Payán y Gilberto Tascón.

Señores: Alvaro Penagos y Hugo Sierra, quienes colaboraron respectivamente en los dibujos y trabajos fotográficos.

2. FONDO COLOMBIANO DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS Y PROYECTOS ESPECIALES "Francisco José de Caldas", COLCIENCIAS.

Dr. Efraim Otero, Director; Dr. Jorge Ahumada B., Jefe de Evaluación y Control de Proyectos. Dra. Lee de Gouffray, Jefe de Vivienda y Materiales de Construcción.

3. SECRETARIA DE INTEGRACION POPULAR DE PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA.

Sra. Cecilia Iregui de Holguín, Secretaria.

4. FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

Dr. Germán Valenzuela Samper, Gerente Técnico; Dr. Silvio Echeverry, Director de CENICAFE; Dr. Alfonso Uribe, Subdirector; Dr. Alvaro Valencia M., Jefe de la Sección de Beneficio.

5. DIVISION DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE

Ingenieros: José Villar, Delmar Gutiérrez, Patricia Imery, Oscar Brand.

6. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO ICA

Ing. Agr. Raúl Salazar, Director de la Granja Experimental de Palmira.
Ing. Agr. Dr. Ramiro de la Cruz U., Director de Investigaciones de dicha entidad.

CONTENIDO

1 NUESTRO BAMBU "LA GUADUA"

2 INTRODUCCION

3 IMPORTANCIA DE LA GUADUA

5 QUE ES LA GUADUA

5 DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LOS BAMBUES

7 TIPOS DE BAMBU

10 DESARROLLO Y CRECIMIENTO

11 RELACION MATEMATICA

COLORES FORMAS Y DIMENSIONES

14 PROPAGACION

- Por rizomas
- Por sección de tallos

16 • Cultivo de tejidos

17 SILVICULTURA

19 FLORACION DEL BAMBU

- Tipos de Floración
- Floración Gregaria
- Floración Esporádica
- Floración de la guadua

21

22

24 PLAGAS

26 USOS DEL BAMBU

- Arquitectura
- Ingeniería
- Energía
- Aeronáutica
- Textiles
- Pulpa y Papel
- Química y Farmacia

28

29

30

• Pulpa y Papel

• Química y Farmacia

31 • Medicina

32 BIBLIOGRAFIA

2 ESTRUCTURAS TIPO "A" PARA BENEFICIADEROS DE CAFE

34 INTRODUCCION

35 EL BENEFICIO DEL CAFE

36 CARACTERISTICAS DEL BENEFICIADERO

- Adaptabilidad a las diferentes necesidades del caficultor
- Bajo Costo
- Fácil Construcción

37 PLANTAS Y CORTES

- Primera Planta
- Segunda Planta

38

- Corte Transversal
- Corte Longitudinal

39 NORMAS DE CONSTRUCCION

40 • Etapa No. 1 —Localización, Explanación y Replanteo

42 • Etapa No. 2 —Excavaciones y Niveles

44 • Etapa No. 3 —Colocación de las Piezas No. 1 y No. 2

46 • Etapa No. 4 —Erección del Techo

48 • Etapa No. 5 —Colocación de la Cumbra en posición

49 • Etapa No. 6 —Construcción del andamio

50 • Etapa No. 7 —Colocación de los Cabios y armado del entepiso

52 • Etapa No. 8 —Colocación de las Vigas y Columnas Principales

54 • Etapa No. 9 —Esterillado del Entepiso

56 • Etapa No. 10 —Relleno y Colocación del piso de Esterilla sobre Tierra, Construcción del Canal

58 • Etapa No. 11 —Esterillado de los muros y Construcción de la Tolva

60 • Etapa No. 12 —Construcción de la Escalera y Esterillado del techo.

62 • Etapa No. 13 —Construcción de la Cubierta del Beneficiadero

64 APLICACION DE LA ESTRUCTURA TIPO "A" PARA VIVIENDA CAMPESINA

- Corte Transversal

65

- Primera Planta
- Segunda Planta

3 ARMADURAS TRIDIMENSIONALES PARA TECHOS

68 INTRODUCCION

69 LA ESTRUCTURA EXPERIMENTAL

VENTAJAS DE LAS ARMADURAS TRIDIMENSIONALES

70 NORMAS DE CONSTRUCCION

- Marcos triangulares de madera
- Marcado de las piezas principales

71

- 72 • Construcción de las armaduras
- 74 • Soportes de la cubierta
- 76 • La estructura portante
- 77 • Montaje de las armaduras
- 80 • Terminación del techo
- 82 • Aplicación de mortero como cubierta

4 BAMBU - CEMENTO

- 88 INTRODUCCION
- 89 HISTORIA DEL FERROCEMENTO
- 90 BAMBU-CEMENTO - TANQUES PARA FERMENTACION DE CAFE
- MATERIALES
 - La Canasta
- 91 • El Mortero de Cemento
 - El Cemento
 - El Agua
 - La Arena
 - Cantidad necesaria de cemento y arena
- 93 • Preparación del Mortero
- 94 • Aplicación del mortero
- 95 • Curado
- 97 OTRAS APLICACIONES
 - Cómo construir un tanque para almacenar agua
- 101 • Cómo construir losas para antepechos y mesas de cocina

5 CONCRETO REFORZADO CON CABLES DE BAMBU

- 106 INTRODUCCION
- 107 HISTORIA DEL CONCRETO REFORZADO CON BAMBU
- 109 LIMITACIONES EN EL USO DE TABLILLAS Y DE CAÑAS COMO REFUERZO EN EL CONCRETO
 - Falta de adherencia en el concreto
- 110 • Limitación en el área de refuerzo
- 111 LOS CABLES DE BAMBU
- 113 EL BAMBU UTILIZADO EN LOS EXPERIMENTOS
 - Preparación de las muestras
- 114 CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS DE LA GUADUA
 - Diferencia de resistencia a la tracción entre la zona interna y externa de la pared del tallo.
- 115 • Ensayos de tracción de las cintas

- 116 • Modulo de Elasticidad a la tracción
- Ensayos de compresión
- Esfuerzo Cortante
- 117 • Cambios Dimensionales Producidos por la Humedad
- 118 **CONCRETO REFORZADO CON CABLES DE BAMBU**
 - Elaboración de los cables
- 119 • Elaboración de los estribos
- 123 • El amarre del castillo
- 125 • Diferentes tipos de armaduras ensayadas
- 126 • Mezcla de concreto utilizada
- 128 • Resultados de los ensayos de las vigas de concreto
- 129 • Ensayos de Adherencia
- 130 **VENTAJAS DE LOS CABLES DE GUADUA**
- 131 **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
- 133 **OTRAS APLICACIONES**
 - CONSTRUCCION DE POSTES DE CONCRETO PARA CERCAS**
- 136 **BIBLIOGRAFIA**



**Nuestro bambú
"la guadua"**

1

INTRODUCCION

Una tarde del año de 1963, al final de mi clase de "Construcción" en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Palmira, durante la cual había explicado los usos tradicionales que en nuestro país tiene la guadua en construcción, se me acercó uno de los estudiantes de último año y me preguntó: ¿Qué es la guadua? ¿Cuál es su origen? Al notar mi sorpresa, me explicó que tenía que preparar una monografía sobre la guadua y que no había podido encontrar información alguna sobre esta planta, a excepción de datos muy superficiales. En aquel momento no creí lo que me decía. Era ilógico pensar que no existieran estudios botánicos y económicos de la planta más utilizada en el país, no sólo por la industria de la construcción sino particularmente por los campesinos y gentes de pocos recursos económicos, que por muchos años la han empleado en la construcción de sus viviendas y en otros muchos usos rurales. Basado en mi creencia, y en el interés y admiración que siempre tuve por la guadua como material de construcción, le prometí entonces conseguirle esta información. Durante varios días estuve consultando en bibliotecas y luego con Ingenieros Agrónomos y Forestales, quienes me confirmaron que sobre la guadua no existía estudio alguno. Me sentí entonces frustrado.

¿Cuál ha sido la razón para que nuestros botánicos y científicos no se hubieran preocupado hasta ahora por estudiar la planta que ha sido más útil al país y que más contribuyó al desarrollo económico y social de nuestra civilización pasada y presente? La única razón que he podido encontrar es, que la idea de "pobreza" con la cual se asocia a la guadua, por ser el material más empleado por la gente de pocos recursos económicos en la construcción de sus viviendas y tugurios, ha contribuido a crear en el común de la gente un rechazo subconsciente hacia todo lo que tenga que ver con vivienda y artesanía de guadua, como también a toda idea o interés que surja por estudiar esta planta desde el punto de vista botánico, económico o estructural; como he podido comprobarlo en la Universidad, donde alguna vez sugerí a un estudiante hacer su tesis de grado sobre la guadua. Su respuesta fue: "Hay cosas más importantes por estudiar". Me di cuenta entonces que aun en las carreras agrícolas, que están más relacionadas con este material, muchos consideran sin mérito una tesis que se haga sobre la guadua.

Finalmente, un día llegó a mis manos un pequeño folleto "El bambú como material de construcción", escrito en 1953 por el botánico Floyd A. McClure del Smithsonian Institution de Washington. En él aprendí, con sorpresa de mi parte, que la guadua era un bambú. Fue así como se me abrieron las puertas de ese maravilloso mundo del bambú en el que he deambulado durante varios años, y en el que encontré las respuestas a las preguntas que años atrás me hiciera un estudiante y que indudablemente cambiaron las proyecciones de mi vida.

Comprendo que la información que logré reunir llega hoy tardía para aquel estudiante, no por los años que han pasado, sino porque pocos meses después pereció en un accidente. En su memoria, y con mi gratitud imperecedera, quiero transmitirla a los estudiantes de la Universidad, con la esperanza de despertar en ellos el interés por estudiar muchos aspectos que aún se desconocen de nuestro bambú "la guadua" y de otras especies de nuestro país, y en particular, porque en sus manos está el de estimarlas y preservarlas para el beneficio de Colombia y de las futuras generaciones, pues hoy al ritmo en que se efectúa su destrucción tienden a extinguirse.

IMPORTANCIA DE LA GUADUA

Para tener una idea bien clara de la importancia que la guadua tiene para nuestro país, no es necesario hacer una apología de ella, ni una lista interminable de sus muchos y muy variados usos. Simplemente podemos lograrlo imaginándonos por pocos segundos, qué sucedería en Colombia si por un instante y por arte de magia, desapareciera todo lo que está hecho de guadua.

Sin duda alguna desaparecerían poblaciones completas y algunas áreas de nuestras grandes ciudades, así como también techos y cielos rasos de viviendas y aun de muchos edificios. Parte de la industria de la construcción se paralizaría; algunos edificios en construcción se desplomarían al faltar su estructura secundaria que soporta el concreto mientras se funde y endurece. Muchos campesinos quedarían sin techo, sin muebles, sin juguetes, sin agua. Desaparecerían gallineros galpones, corrales y cercas. Muchas comarcas quedarían aisladas sin puentes y aun sin teléfono y sin luz por falta de postes. Algunos trapiches y telares, como otras pequeñas industrias dejarían de funcionar, y lo que es

peor aún se desdibujaría el hermoso paisaje de nuestros valles y montañas.

Sin lugar a dudas, ninguna planta de nuestro país ha contribuido más a su desarrollo económico y social como la guadua. Sobradas son las razones para que esta planta se hubiera estudiado científica y técnicamente en todos los campos de su aplicación, en igual forma como se ha hecho con otras plantas de menor importancia económica. Sin embargo, no ha sido así. La guadua es la "cenicienta" de nuestros recursos forestales. Nadie hasta ahora se ha preocupado por estudiarla en ninguno de sus aspectos. Es ilógico pensar que después de tantos siglos de utilizarla intensamente y de obtener de ella el máximo provecho aún continuemos ignorando la forma más apropiada para cultivarla. Nuestro desconocimiento sobre esta planta llega a tal extremo que mucha gente ignora qué es la guadua. Algunos la consideran como una especie aislada y otros, por el hecho de verla crecer junto a los árboles en nuestros bosques, creen que es un árbol. De allí que muchos se sorprendan al enterarse de que la

guadua es un "bambú", término que en nuestro país, además de asociarse con "artesanía japonesa" se emplea comúnmente para designar las cañas delgadas de color verde o amarillo y entrenudos huecos, que se considera fueron traídas alguna vez del Japón. Debido a esta errónea idea, es común que se hable de "la guadua y el bambú" como si fueran diferentes, lo que es un tremendo error.

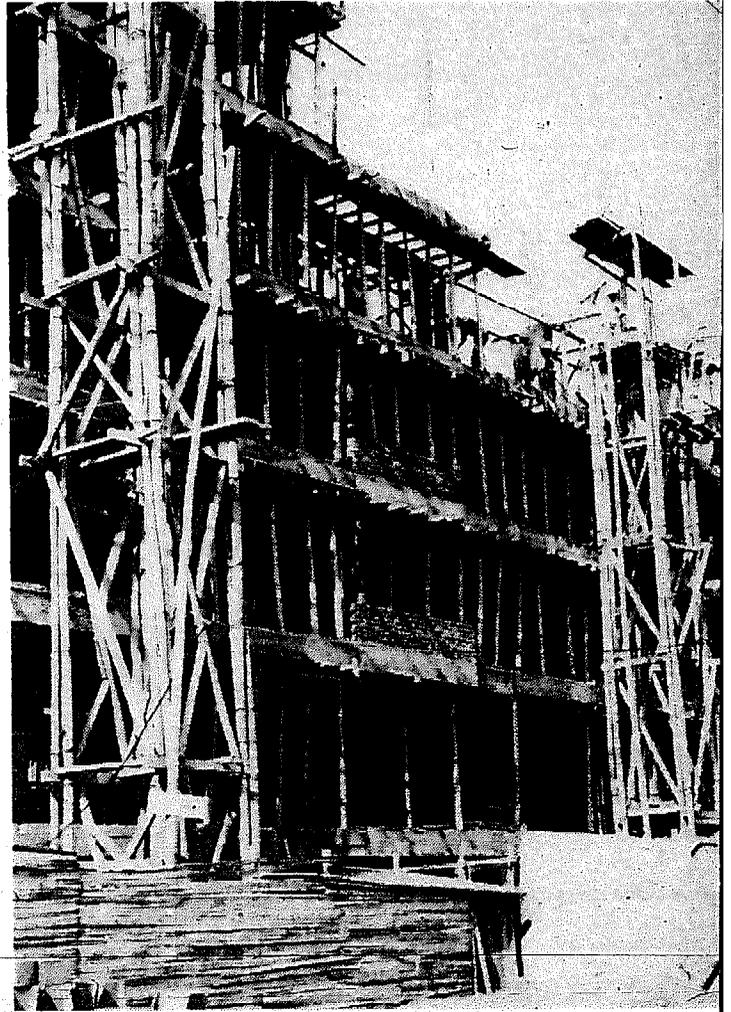
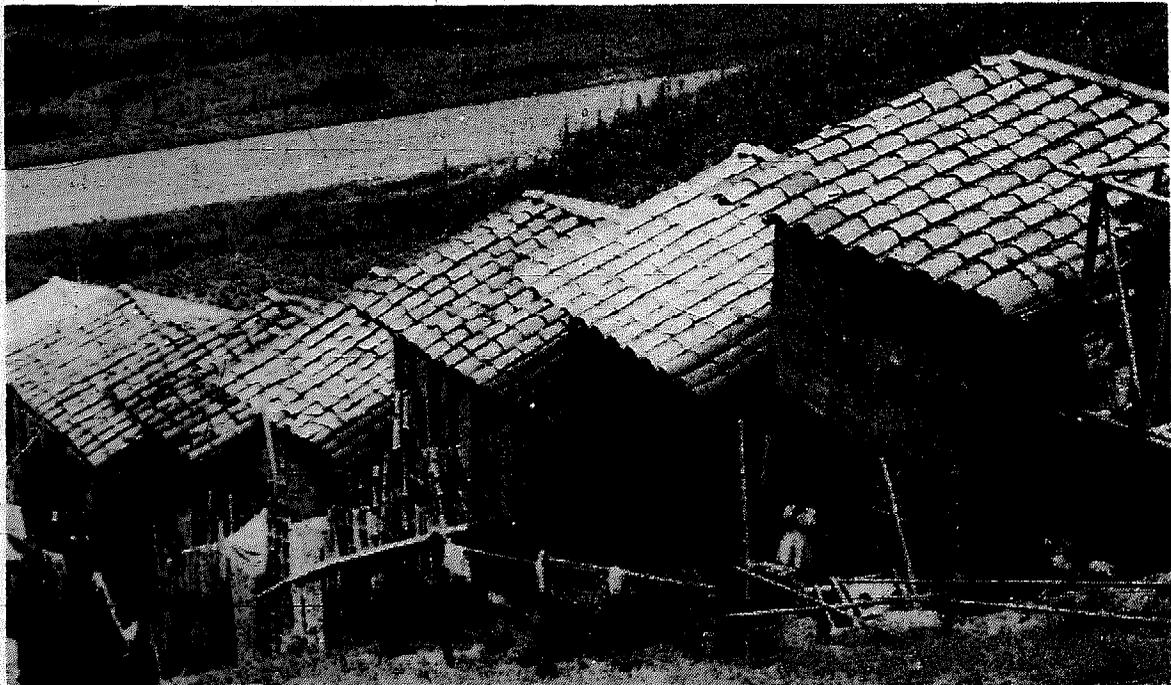


Figura 1-1. En la Industria de la Construcción la guadua se emplea en muy diversas formas, entre ellas: en cerramientos, cimbras, formaleatas, andamios, torres para la localización de plumbas con las cuales se hace el transporte vertical de materiales, y particularmente como estructura secundaria para sostener las losas de concreto de un edificio mientras se funden y endurecen.

Figura 1-2. 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.



QUE ES LA GUADUA

La guadua es una de las 1.250 especies de bambú que existen en el mundo, y una de las más sobresalientes por sus características físicas y mecánicas, por su resistencia al ataque de los insectos xilófagos, como por la gran diversidad de aplicaciones que se le dan en nuestro país, nunca igualadas por otros bambúes del Asia, en donde podría decirse que hay un bambú para cada aplicación. Basado en lo anterior McClure (1974) la catalogó como una de las pocas especies más importantes del mundo que conforman la élite de los bambúes.

A pesar de que el hombre ha conocido y utilizado el bambú desde tiempos prehistóricos, aún se desconocen los caracteres botánicos de muchas especies. La razón principal de ello es que la mayoría de los bambúes florecen, y algunos dan frutos, sólo a intervalos o ciclos muy largos que flutúan de acuerdo con la especie, entre los 30 y los 120

años, después de lo cual la planta muere. Debido a esta circunstancia y al hecho de que la identificación de las plantas se basa en su mayor parte en las características de las flores y los frutos, la clasificación de los bambúes ha sido hasta ahora lenta y poco satisfactoria, siendo frecuentes los casos en que una misma especie ha sido clasificada por diferentes botánicos en géneros distintos. Para corregir en lo posible este problema, en cuanto a las especies americanas se refiere, McClure pasó los últimos años de su vida revisando la clasificación de los bambúes del Nuevo Mundo. Uno de los muchos reclasificados fue la guadua, que ha tenido en su orden los siguientes nombres científicos: *Bambusa guadua* Humboldt y Bonpland; *Guadua angustifolia* Kunth; *Nastus guadua* (Humboldt y Bonpland) Sprengel; quedando en la reclasificación nuevamente como *Bambusa guadua* Humboldt y Bonpland.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS BAMBUES

Todos los continentes, con excepción de Europa, tienen especies nativas de bambú. Su mayor concentración se encuentra en los países que bordean el suroeste asiático y las islas adyacentes. Africa y Australia son los que menor número de especies poseen.

En América existen alrededor de 290 especies de bambú, correspondientes a 18 géneros aproximadamente, cuya distribución natural se extiende desde los 39°-25' N, en la parte oriental de los Estados Unidos, hasta los 47° S en Argentina y Chile; y desde el nivel del mar hasta las regiones más altas de los Andes.

En Colombia existe un gran número de especies de bambú muchas de las cuales hasta ahora no han sido clasificadas. Aun entre las especies gigantes que llamamos "guaduas", que son las que tienen mayor valor económico por sus múltiples aplicaciones, sólo una de ellas ha sido clasificada con el nombre cientí-

fico de *Bambusa guadua* [*Guadua angustifolia*], la cual se conoce con los nombres vulgares de "guadua macana" o "guadua macho". Esta especie es la que tiene mayor diámetro espesor y resistencia de las nativas de América. Se caracteriza por tener en la parte inferior del tallo ramas largas, solitarias y 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 estudiadas ni clasificadas son las conocidas con los nombres vulgares de "guadua rayada" y "guadua de castilla", que por considerarse como variedades o variaciones de la *Bambusa guadua*, el autor, no teniendo otra alternativa, se ha permitido darles los nombres científicos de *Bambusa guadua* var. *striata* y *Bambusa guadua* var. *Castilla*, con el fin de evitar confusiones en este estudio o en los futuros, hasta el día que nuestros botánicos opinen otra cosa.

La "guadua rayada" [*Bambusa guadua* var. *striata*], tiene características similares a la "guadua macana", con la diferencia de que su tallo verde tiene rayas o estriás verticales amarillas. Es uno de los bambúes más hermosos y decorativos de nuestro país.

La "guadua de castilla" (*Bambusa guadua* var. *castilla*), conocida también con los nombres de "balsa" y "cebolla"; se diferencia de las anteriores por tener menor diámetro, espesor, y resistencia, por lo cual también se le da el nombre de "guadua hembra". Por lo general no tiene ramas en la parte inferior del tallo. Entre sus muchas aplicaciones se emplea en la elaboración de tableros de esterilla y como elemento estructural.

Otro aspecto que se desconoce de nuestras especies nativas de menor diámetro, es que en Colombia existe la especie que tiene hojas más largas entre los bambúes del mundo. Se trata de la *Neurolepis aperta*, conocida con el nombre vulgar de "chusque de páramo"; sus hojas alcanzan hasta dos metros de longitud.

Todos los países latinoamericanos poseen, en mayor o menor número, distintas especies o variedades de bambú, algunas de ellas del tipo gigante de gran valor económico, que por lo general se desarrollan naturalmente en determinadas regiones formando bosques aislados o asociados con otras especies de árboles. Desafortunadamente para algunos países, sus especies están en su mayor parte concentradas en zonas aisladas o de difícil acceso, como es el caso de Venezuela, en donde la mayoría de ellas se encuentran en las selvas del Orinoco, debido a lo cual el bambú tiene muy poca utilización en dicho país.

En cambio en Colombia y Ecuador las especies de mayor valor económico, como la *Bambusa guadua*, se desarrollaron abundantemente en regiones muy fértiles comprendidas hasta los 1.700 metros de altura, formando grandes extensiones de "guadales" que inicialmente sirvieron de protección y de soporte a muchas tribus indígenas, y posteriormente a los núcleos humanos que allí se for-

maron atraídos por la magnificencia de las tierras y de los ríos, como por la disponibilidad del bambú, que utilizaron en la construcción de sus viviendas y poblados. Así nació Cartago, una de las ciudades más grandes del Departamento del Valle. Patiño (1975), cita el siguiente comentario hecho por Fr. Jerónimo de Escobar (1584) quien refiriéndose a los extensos guaduales que envolvían a esta ciudad, dice: "Este pueblo está cercado de una montaña tan espesa de cañaveras [guadual], de unas cañas muy gruesas, que dura más de diez leguas, no se ve el pueblo hasta que está en él".

Según el mismo autor, existen informes que datan del siglo XVI en los cuales consta que en aquella época existían grandes guaduales entre Panamá y Guayaquil, de los cuales los de mayor extensión y densidad estaban en el Valle del Cauca. En la actualidad es muy poco lo que queda de ellos.

Esta disponibilidad que se ha tenido del bambú en las zonas de mayor desarrollo agrícola de estos y otros países centroamericanos, no ha sido un factor favorable para la conservación de las especies. El poco aprecio que se tiene por este recurso y el corte intensivo sin control alguno que se hace con el fin de aumentar las áreas de otros cultivos considerados como más rentables, ha llevado a algunos países a eliminar de sus suelos las especies más valiosas, como ha ocurrido en Centroamérica, con la *Bambusa aculatea*, y como está sucediendo, actualmente en Colombia, donde se han arrasado grandes extensiones de *Bambusa guadua* para ser reemplazadas por cultivos de banano, caña de azúcar y café. De acuerdo con el censo cafetero de 1970 había en las zonas cafeteras 15.966 hectáreas en guaduales. Es posible que a finales de 1977, como consecuencia de la "bonanza cafetera" no quede la mitad.

El único país latinoamericano que en los últimos años ha tomado conciencia de la importancia que puede tener el bambú para su economía, ha sido Brasil, país que además de tener la mayor cantidad y número de especies de bambú se ha preocupado por culti-

varlo con miras a su utilización en la fabricación de pulpa y papel, para lo cual existen ya cuatro fábricas que lo emplean como materia prima.

Quizás como premio de la naturaleza a este país, hace aproximadamente dos años fue descubierta en el territorio de Acre, en los límites con Bolivia y Perú, una extensión superior a los 85.000 kilómetros cuadrados de bosques de bambú constituidos en su mayor parte de *Bambusa guadua*, área equivalente a un tercio de la superficie del Ecuador o a cuatro veces el área del Departamento del Valle, Colombia. En la actualidad, un

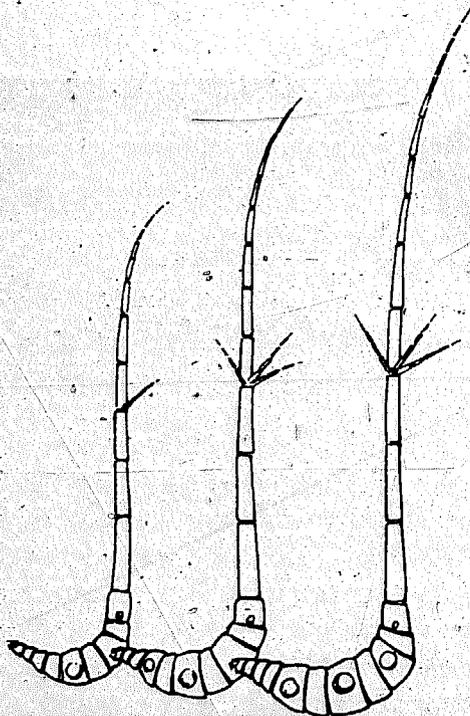
grupo de botánicos del Smithsonian Institution de Washington están realizando un inventario de las especies existentes en dicha área.

Entre los intentos por introducir la *Bambusa guadua* a otros países, vale la pena anotar el realizado por el departamento de Agricultura de los Estados Unidos, que trató de establecerla en la Florida con resultados muy poco satisfactorios, pues a causa de las heladas producidas entre los 27° y 26° F (-3°C) la planta sufría serias lesiones y a dos o tres grados menos producía la rotura del tallo por su base, causando su muerte a 17° F (-8°C).

TIPOS DE BAMBU

De acuerdo con la forma y hábito de ramificación del rizoma, como se denomina a la raíz del bambú, existen dos grupos o tipos principales, y uno intermedio. El primer grupo denominado *paquimorfo* o también *simpodial* o *cespitoso*; se caracteriza por tener rizomas cortos y gruesos, en raíces en su parte inferior y yemas laterales en forma de semisfera que sólo 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 manchas. A este tipo corresponde la *Bambusa guadua*, como también la mayor parte de las especies tropicales de los géneros *Bambusa*, *Dendroclamus*, *Gigantochloa* y otras.



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.



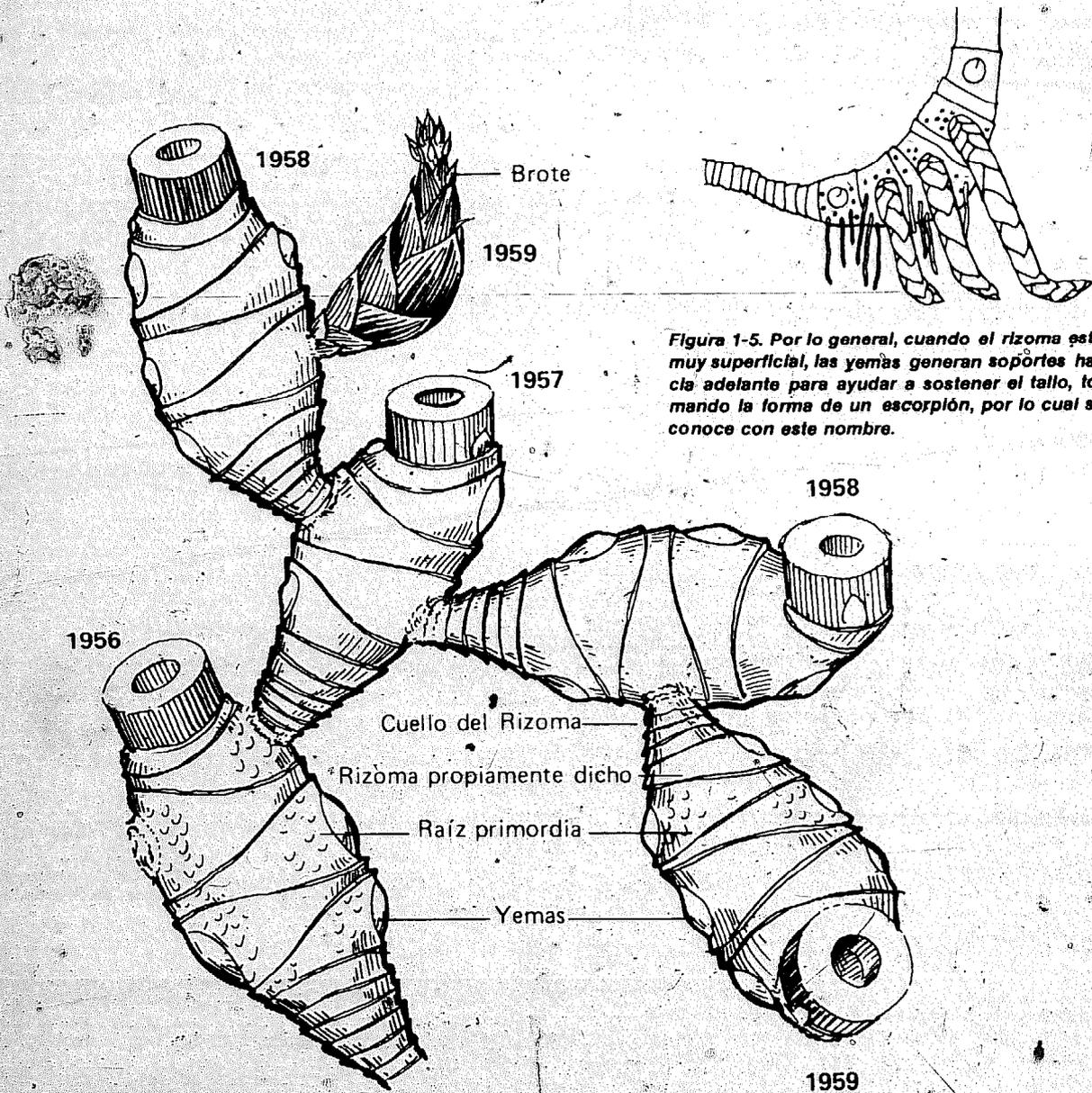
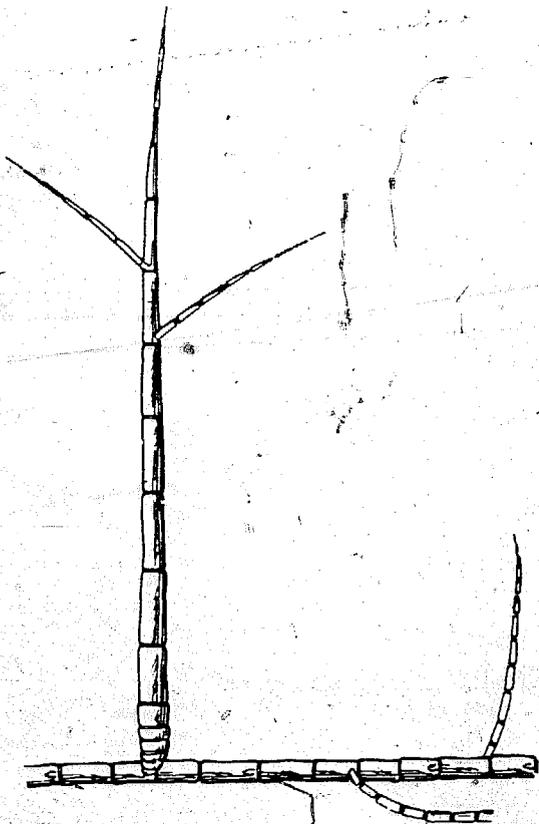


Figura 1-5. Por lo general, cuando el rizoma está muy superficial, las yemas generan sopórtes hacia adelante para ayudar a sostener el tallo, tomando la forma de un escorpión, por lo cual se conoce con este nombre.

Figura 1-6. El sistema de rizomas del grupo pequinorfo se desarrolla radialmente. Cada rizoma puede producir anualmente hasta dos nuevos rizomas y por consiguiente 2 tallos.

El segundo grupo denominado *leptomorfo* o también *monopodial*, se caracteriza por tener su rizoma en forma cilíndrica y sólida, con diámetros de menor dimensión que los tallos que origina. En 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. Los rizomas se ramifican lateralmente recorriendo grandes distancias y formando espesas redes que llegan a tener hasta 187.000 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 otros.



Figuras 1-7 y 1-8 Estructura y forma de ramificaciones del rizoma leptomorfo. Las yemas del rizoma pueden generar ya sea nuevos tallos o nuevos rizomas. Por lo general el diámetro del tallo es mayor que el del rizoma.

El tercer grupo, denominado *anfipodial* o *intermedio*, se caracteriza por tener rizomas que presentan una ramificación combinada de los dos grupos principales en una misma planta. A este grupo pertenecen muy pocos géneros entre ellos el *Chusquea*, al cual corresponden un gran número de especies que se desarrollan en las zonas más altas de nuestras cordilleras.

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, y fue hallado en la localidad de La Virginia a 15 kilómetros de Girardot (Cundinamarca), por la vía del ferrocarril.

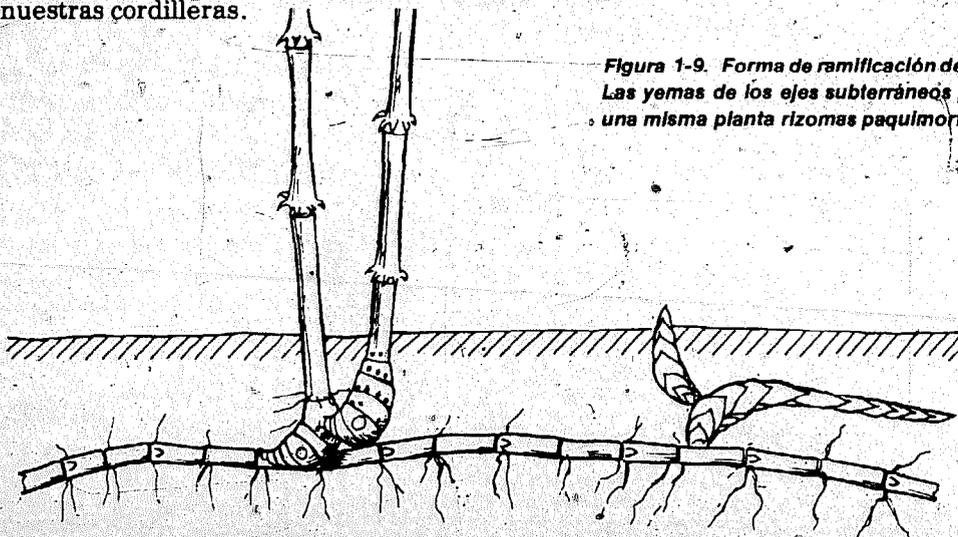


Figura 1-9. Forma de ramificación del rizoma anfipodial. Las yemas de los ejes subterráneos pueden producir en una misma planta rizomas paquimorfos y/o leptomorfos.

DESARROLLO Y CRECIMIENTO

A diferencia de los árboles, cuyo tronco crece a un mismo tiempo perpendicular y radialmente hasta lograr su completo desarrollo entre los 12 y aun después de los 100 años, cuando sólo pueden ser utilizados, el bambú emerge del suelo por lo general con el máximo diámetro que va a tener de por vida, el cual no aumenta con la edad como erróneamente se cree; y por el contrario va disminuyendo proporcionalmente con la altura. El tallo llega a su máxima altura, entre los 30 y 80 días en las especies del grupo *leptomorfo*, y entre los 80 y 180 días en las del grupo *paquimorfo*. Terminado su crecimiento se inicia la formación de sus ramas y hojas, la cual se completa en su mayor parte al terminar el primer año.

Entre los 4 y 12 primeros meses, el bambú es muy blando y flexible, por lo cual se emplea en este período para la fabricación de canastos u otras artesanías tejidas. Luego, a medida que transcurre su madurez, la fibra se va volviendo cada vez más dura y resistente hasta llegar a un máximo entre los 3 y los 6 años, edad apropiada para su empleo en construcción. Después de que el bambú pasa de 6 años en la mata, su tallo comienza lentamente a ponerse blanco hasta que se seca completamente.

El crecimiento del bambú es tan rápido que no existe en la naturaleza planta alguna que pueda igualarlo. En condiciones normales y en la época de mayor desarrollo, el crecimiento promedio en 24 horas es de 8 a 10 centímetros, y en algunos casos puede llegar a 40 centímetros como sucede con el *Dendrocalamus giganteus*. En la *Bambusa guadua*, el máximo crecimiento que se ha observado hasta hoy es de 30 centímetros.



Figura 1-10. El crecimiento de la guadua o de cualquier otro bambú, es tan vigoroso que puede levantar hasta un piso de piedra como el que se muestra en la figura.

Las medidas máximas de crecimiento obtenidas hasta hoy en 24 horas en algunas especies, son las siguientes:

91.3 cms. en la *Bambusa arundinacea*, observada en Kew Gardens, Inglaterra en 1855.

119 cms. en la *Phyllostachys edulis*, observada por el profesor Koichiro Ueda en Nagaoka, prefectura de Kyoto, Japón, en 1955.

121 cms. en la especie anterior, observada por el profesor Koichiro Ueda en Nagaoka, prefectura de Kyoto en 1956.

RELACION MATEMATICA

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 períodos múltiplos de 3. El número de nudos es divisible por 3; los rizomas más cortos tienen entre 3 y 6 nudos, los más largos entre 9 y 12. El número total de nudos en los tallos más largos es de 60, 63 ó 66.

Complementando lo expresado por Satow (1899) vale la pena anotar que existe un método muy utilizado en el 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 multiplicarla 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 hemos realizado 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 Dic-

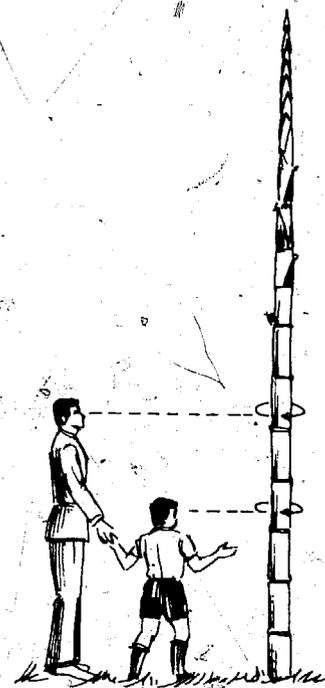
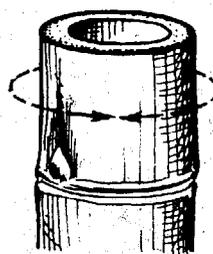


Figura 1-11. La longitud de la circunferencia o perímetro de la guadua, o de cualquier otra especie de bambú de iguales dimensiones, varía muy poco en los dos primeros metros de altura; por ello, la altura calculada por una persona alta tiene muy poca diferencia con la calculada por un niño.

kason (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* Schrad. 0,92; *Bambusa vulgaris* var. *striata* Riv. 0,90. Con base a lo anterior, la relación C/L de la *Bambusa guadua* var. *castilla* sería 1,7.

COLORES, FORMAS Y DIMENSIONES

No todos los bambúes son de color verde. Algunos son verdes con rayas amarillas como la "guadua rayada" del Quindío. Otros son de color amarillo como la *Bambusa vulgaris* o amarillo con rayas verdes como la *Bambusa vulgaris* var. *striata*, que son especies ori-

ginarias del Asia y cultivadas en América como ornamentales. También hay unas pocas especies en Asia de color blanco, rojo, púrpura, o negro como la *Phyllostachys nigra*.

En cuanto a la forma de los tallos, algunos tienen entrenudos 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, utilizándose para ello formaletas de madera de sección cuadrada o rectangular, dentro de las cuales se hace crecer el tallo de bambú. Los tallos de sección cuadrada o rectangular obtenidos en esta forma, se emplean en el Japón como elementos ornamentales particularmente en cercas. Los primeros experimentos para obtener guaduas cuadradas los realizamos en 1970 en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira con la colaboración de un grupo de estudiantes. Los resultados de estos experimentos se describen en mi libro "Bambú".

En el libro "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 un bambú 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 zig-zag, y por ello los entrenudos toman una forma similar a la de una "caparazón de tortuga". por lo cual 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 helferi* se extienden o tiene hábitos trepadores como el *Melocalamus compactiflorus*.

Las dimensiones de los tallos varían mucho según la especie. Algunos son tan pequeños como la *Microbambusa macrostachys* que sólo tienen unos pocos centímetros de altura

Figura 1-12. Guadua de sección rectangular, deformada artificialmente.

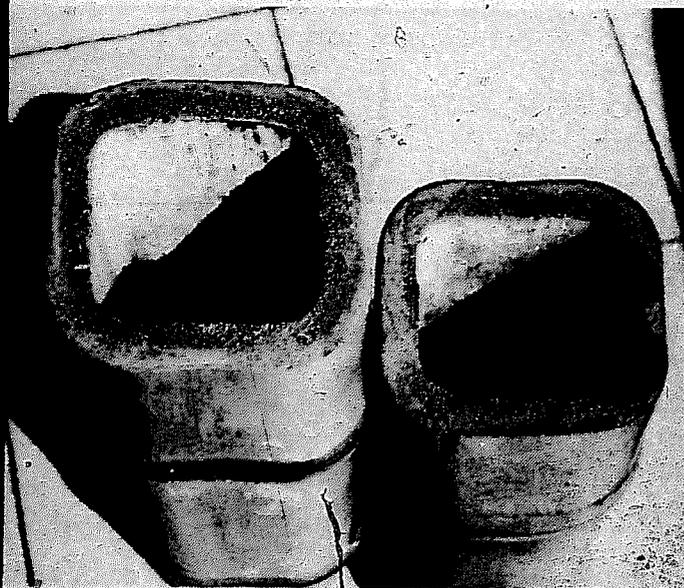
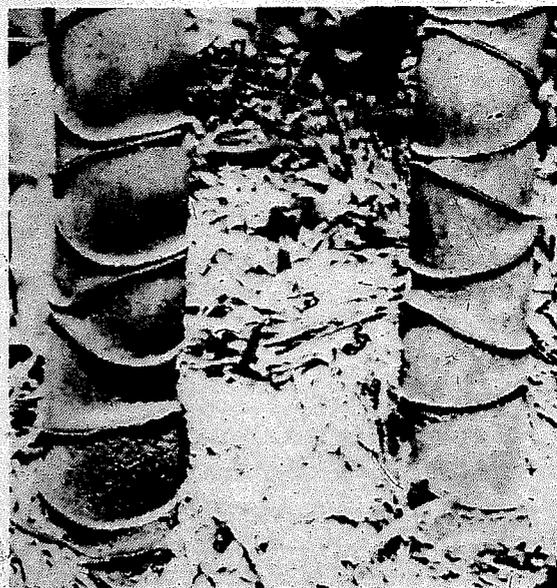


Figura 1-13. Forma natural de bambú conocida en Asia con los nombres de "caparazón de tortuga" o "cara de Buda".



por lo cual se consideran herbáceos. Otros son del tipo arbustivo como las *Arundinarias*, y otros de tipo gigante, como la guadua, que alcanza entre 20 y 30 metros de altura y diámetros que varían entre los 10 y 15 centímetros. El bambú de máxima dimensión 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 30 cms.

Es indudable que debido a los cambios climáticos que se están presentando en el mundo y particularmente a la intensa y anti-técnica 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 dice haber visto en uno de sus viajes por la India, bambúes que tenían 45 centímetros de diámetro, que abiertos longitudinalmente al centro servían de botes, con los cuales los aborígenes atravesaban los grandes ríos. Sin lugar a dudas se trata del *Dendrocalamus giganteus*, cuyo diámetro actualmente varía entre 20 y 30 centímetros.

Empleando el método visto anteriormente para calcular la altura aproximada de un bambú, podemos conocer aproximadamente 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 disminución tanto de altura como de diámetro ha sido del 45% aproximadamente.

Algo similar ha ocurrido con la guadua. Entre las pocas descripciones antiguas que se conocen de ella, Patiño (1975) anota la siguiente, que corresponde al historiador Oviedo, y 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

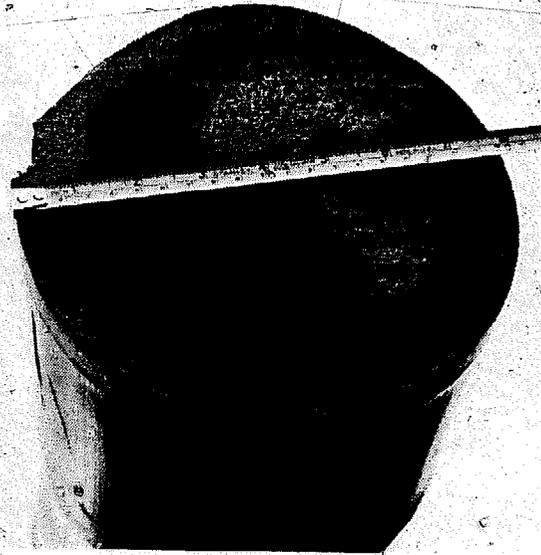


Figura 1-14. Corte a través del nudo de una guadua de 20 centímetros de diámetro, considerada hoy como una "reliquia" en nuestro país.

más de luengo, y que pueden caber más de un cántaro de agua cada cañuto".

Teniendo en cuenta que el palmo era una medida de longitud equivalente a 21 cms, la longitud de la circunferencia era entonces de 63 cms 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 actualmente varía entre los 20 y 30 metros y el diámetro entre los 10 y 15 centímetros, quiere decir que también en la guadua la disminución de la altura y del diámetro ha sido de 45% en 451 años.

De acuerdo con las narraciones chinas, hace más de dos mil 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 "Informes Relacionados con las cosas Maravillosas" (Sheng i ching), escrito por Tung Fang-so, quien vivió en el siglo II A.C., el bambú "ti-chu" crecía hasta una altura de varios cientos de chang [1

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

La mejor época para sembrar los rizomas y secciones del tallo es al comienzo de las lluvias. En igual forma se ha creído que la época más apropiada para cortar el bambú es durante el verano.

Para cuidar más fácilmente las plántulas,

Figura 1-16. 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 1-17. Primeros brotes y raíces obtenidos de una sección con yemas.



debe hacerse inicialmente un vivero, de donde se transplantan a la zona de cultivo al cabo de un año.

En la zona de cultivo, las plántulas deben sembrarse con una separación en cuadro de 8 a 9 metros, en el caso de la guadua. Para otras especies de menor diámetro, esta separación no debe ser menor de 4 metros.

La propagación vegetativa, utilizando rizomas y secciones del tallo tiene muchos problemas, particularmente cuando se trata de establecer grandes áreas de cultivos industriales, por ejemplo para una fábrica de papel, no sólo por la labor que ello representa, sino porque prácticamente hay que destruir parte de uno o varios guaduales para obtener la semilla suficiente para el cultivo.

En base a lo anterior, y teniendo en cuenta

Figura 1-18. Propagación de la guadua por secciones de tallo con parte inferior de las ramas. Vista lateral de la sección.



Figura 1-19. Formación de los primeros brotes en las ramas.



que día a día nuestras reservas de *Bambusa guadua* están más agotadas a causa no sólo de la intensa explotación a que están siendo sometidos los guaduales con el fin de alimentar la creciente industria de la construcción; como también por el arrasamiento que de ellos se hace para ampliar las áreas de cultivo de caña de azúcar, café y banano; no podemos esperar que se llegue el momento de su extinción para iniciar la reforestación en el país, o para reponer las áreas que fueron arrasadas o destruidas porque no tendríamos de dónde obtener la semilla.

Por esta razón, debemos desde ahora aprovechar lo poco que nos queda para iniciar una reforestación a gran escala en diversas zonas del país, lo cual se puede lograr si cada campesino dedica una pequeña área de su finca para este propósito, siguiendo las normas indicadas anteriormente.

Cultivo de tejidos

Es tan preocupante el problema de la extinción a que está condenada la guadua, como el poco o ningún interés que ha existido hasta ahora por su cultivo. Como último recurso, el Centro de Investigación del Bambú "CIBAM", ha solicitado la colaboración de varios científicos de la Universidad con el fin de experimentar en la guadua una nueva técnica de propagación vegetativa denominada "Cultivo de Tejidos", la cual sólo se ha experimentado con resultados satisfactorios en la propagación del frijol, tabaco, papa y caña de azúcar, entre otras; sin embargo, aún no se ha experimentado en el bambú.

Esta técnica consiste en cultivar en el laboratorio secciones de las zonas 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.

Figura 1-22. Colocación del meristemo apical sobre la gelatina nutritiva en un tubo de vidrio.



Figura 1-20. Primeros experimentos sobre cultivo de tejidos de guadua. Cono superior obtenido de un cogollo de la guadua, el ápice del cual corresponde al meristemo.

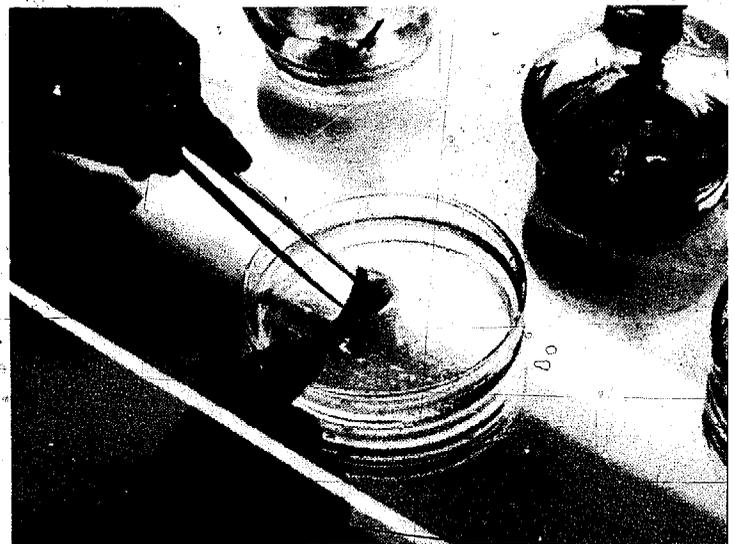
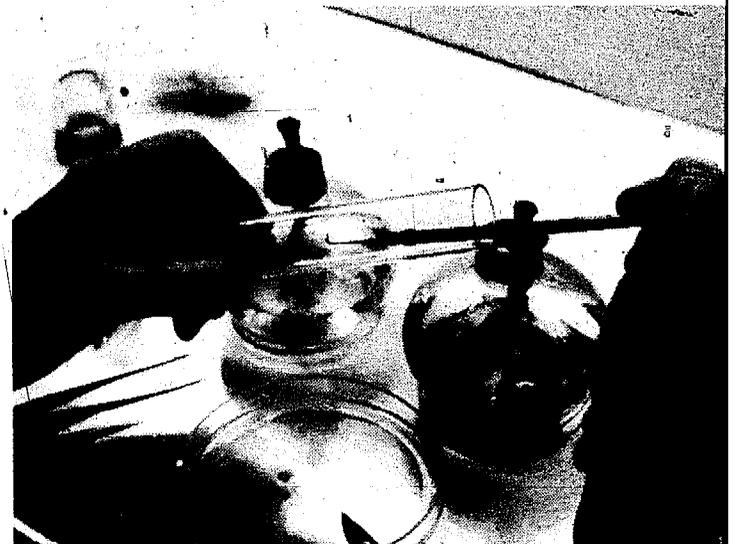


Figura 1-21. Extracción del meristemo apical del cono superior del cogollo, indicado en la figura anterior.



Una vez que estas partes se extraen de la planta, se subdividen y colocan en tubos de vidrio o de ensayo en los cuales previamente se ha colocado una gelatina que contiene macro y micronutrientes 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 transplantan a un suelo tratado y posteriormente a la zona de cultivo.

Este sistema, entre las muchas ventajas que tiene con relación al cultivo de secciones del tallo o de rizomas, es que de un solo meristemo pueden obtenerse cientos de plantas, todas ellas con las mismas características del bambú del cual se obtuvieron los meristemas, lo que permite cultivar especies de grandes dimensiones o de características sobresalientes. Como se anotó anteriormente, estos experimentos aún no se han aplicado al bambú y seguramente tomará algunos años saber si sus resultados en la guadua son positivos, Dios lo quiera así.



Figura 1-23. 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.

SILVICULTURA

De nada servirá incrementar la propagación de la guadua si el campesino no aprende su silvicultura o sea el cultivo y aprovechamiento apropiado de los guaduales. Quizás ha sido la falta de este conocimiento lo que ha llevado al campesino a arrasar o vender sus guaduales, términos que en este caso tienen prácticamente el mismo significado ya que el comprador se encarga de destruirlos.

Es posible que el campesino cambie su manera de pensar, si antes de proceder a arrasar su guadual se diese cuenta de que se requieren de 12 a 15 años para sembrar y recuperar lo que le tomará menos de una semana destruir. Si antes de venderlo se diese cuenta de que el comprador obtendrá el má-

ximo provecho de este negocio, cortando hasta los bambúes o guaduas más jóvenes, lo que traerá como consecuencia no sólo un atraso en el guadual de 6 años sino que los nuevos cogollos saldrán muy delgados y por consiguiente de poca utilidad.

El campesino debe convencerse, y la mejor forma de hacerlo es ensayando, que un guadual puede ser el mejor de los negocios si se sabe aprovechar y administrar apropiadamente, para lo cual sólo es necesario tener en cuenta las siguientes reglas:

1. Un guadual 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.

2. Forma de cortar la guadua.

La guadua, cualquiera sea su condición, debe cortarse 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 dos o más entrenudos sin cortar, las yemas de éstos se desarrollan formando ramas que impiden el paso.

3. Limpieza del guadual.

Lo primero que debe hacerse y mantenerse es una limpieza completa del guadual con el fin de facilitar el movimiento dentro de él y la sacada del material que se corte. Con este propósito deben cortarse y sacarse: todas las guaduas caídas, partidas o dobladas como también las ramas que han salido de tallos mal cortados. Al mismo tiempo deben cortarse los tallos muy viejos y secos así como los que se observen enfermos y deformes, aunque ellos no estorben el paso.

4. Aprovechamiento

Este consiste en cortar o "entresacar" sólo los tallos o guaduas que hayan completado 3 ó más años de edad o que estén "gechos" como dicen los campesinos. Se conoce cuando una guadua completa los 3 años cuando en su superficie comienzan a aparecer manchas blancas. Estas manchas se ven más definidas y más blancas en los tallos de mayor edad.

En el aprovechamiento de grandes guaduales conviene llevar un control o marcado de los nuevos cogollós que vayan apareciendo, el cual se puede hacer colocando a manera de collar en la base del cogollo, un aro de alambre galvanizado con una tablilla de madera en la cual se indica la fecha de nacimiento y si se quiere la fecha del corte 3 años después, para facilitar esta operación a los obreros que no están entrenados o familiarizados.

5. Precaución en el corte.

Si un tallo ha completado 3 años y en el momento de ir a cortarse se observa que de su rizoma se ha formado o desprendido uno nuevo, no debe cortarse sino al año siguiente



Figura 1-24. Guadual en mal estado. Las guaduas caídas además de que interfieren el acceso al guadual, impiden que los nuevos tallos se desarrollen derechos.



Figura 1-25. En primer plano se observa una guadua madura mayor de 5 años, y una guadua joven de un año. Las guaduas maduras tienen una mayor resistencia a la compresión y por ello son las más apropiadas para utilizar en construcción.

o sea cuando el nuevo rizoma haya producido un nuevo tallo con ramas y hojas.

6. Abonos.

Es conveniente abonar los nuevos cogollós ya sea con excremento de gallinas o con otros abonos comerciales.

7. Los guaduales deben cortarse.

Algunos campesinos tienen la errónea idea de que los guaduales se preservan no dejándolos tocar. Los guaduales deben cortarse periódicamente en la forma como se explicó anteriormente o haciéndole grandes entresacas anualmente con el fin de mantener la actividad de la planta.

En guaduales que por muchos años no se han tocado, se puede observar que al cortar las guaduas del centro no aparecen posteriormente nuevos cogollos y por ello se ven grandes claros. La razón de ello es que el rizoma se vuelve improductivo a los 5 ó 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.

Otros campesinos, por el contrario, explotan intensivamente sus guaduales, cortando hasta los tallos más jóvenes, debido a lo cual

los tallos nuevos van apareciendo cada vez de menor diámetro, lo que de continuar puede causar la destrucción del guadual. Lo más aconsejable en estos casos es dejar descansar el guadual por varios años y abonarlo periódicamente.

Con relación a la creencia que existe en Colombia y en otros pocos países de que la guadua sólo debe cortarse cuando la fase de la luna está en "menguante" para que no sea atacada por los insectos, [*Dinoderus minutus*]; ésta no ha sido comprobada en los experimentos que hasta ahora se han realizado en la India y Puerto Rico. Por otra parte, en algunas regiones de la India existe esta misma creencia, y en otras, de que sólo debe cortarse en luna llena.

Si el campesino tiene ésta o cualquier otra creencia o agüeros para el corte de la guadua, debe seguirlos como mejor le parezca, para su tranquilidad (y la mía), pero ajustándose a las normas indicadas anteriormente.

FLORACION DEL BAMBU

La floración del bambú y su muerte posterior es considerada como uno de los grandes misterios de esta planta. Para muchos botánicos continúa siendo un enigma; para los chinos, es un presagio de mal agüero porque creen que trae consigo hambre e infortunio. Sin embargo, las gentes pobres de la India la consideran como un acto de Dios, debido a que por lo general, la floración a gran escala se presenta o coincide con épocas de largas sequías, cuando hay escasez de alimentos, pudiendo calmar el hambre con las semillas del bambú que se asemejan al arroz y se preparan en igual forma. Veamos a continuación los tipos de floración, sus consecuencias económicas y sociales, así como también lo relacionado con la floración de nuestro bambú, la *Bambusa guadua*.

Tipos de floración

Existen dos tipos de floración, una denominada "gregaria" que es la que tiene con-

secuencias catastróficas cuando se presenta en especies de gran valor económico, y otra denominada "esporádica" que no es tan destructiva.

● *Floración Gregaria.* La floración gregaria se presenta siempre sólo en una especie determinada al completar su ciclo de vida, después de lo cual muere. Cada especie tiene un ciclo de vida más o menos definido, que corresponde al periodo comprendido entre la germinación de la semilla y su siguiente floración. Por lo general, en las especies gigantes este período puede variar entre los 30 y los 120 años, según la especie.

En base a los registros que se han llevado de repetidas floraciones que se han presentado en la India y en otros países asiáticos, se ha logrado establecer el ciclo de vida de varias especies. Por ejemplo, el ciclo de vida promedio de la *Bambusa arundinacea* es de 38 años, el de la *Bambusa polymorfa* de 60, y

el de la *Phyllostachys bambusoides* de 120 años.

Los ciclos de vida de las especies más pequeñas o de menor diámetro son por lo general más cortos y muchas de ellas no mueren después de su floración, como ocurre con las pocas especies que florecen anualmente, entre ellas la *Arundinaria wightiana* y la *Bambusa lineata*. Según McClure las especies del género *Phyllostachys*, como algunas *Arundinarias*, no mueren después de florecer.

Al presentarse la floración gregaria, que tiene lugar al terminar el ciclo de vida de la especie, florecen simultáneamente no sólo todos los tallos jóvenes y viejos existentes en la región o regiones donde se desarrolla dicha especie, sino también los de otras matas o plantaciones que se hubieran originado antes de la floración, por reproducción vegetativa o sea por secciones de tallos y rizomas obtenidos del primero.

Durante el proceso de floración, que por lo general tiene una duración de 12 a 18 meses, la totalidad de las hojas se caen y son reemplazadas por flores. Finalmente los tallos comienzan a secarse de arriba hacia abajo hasta que mueren al igual que su rizoma.

Esto quiere decir, que si se llegara a presentar una floración gregaria, por ejemplo en nuestra *Bambusa guadua*, todos los tallos, de todos los guaduales, florecerían y morirían. Y si, con varios años de anterioridad a la floración, se hubiesen llevado secciones de guadua o propágulos, para cultivarlos en China, al presentarse la floración de los guaduales en Colombia florecerían también las especies de *Bambusa guadua* diseminadas en China, posiblemente con una pequeña diferencia de tiempo.

Existen muchos informes que comprueban lo anterior. Janzen (1976) dice que la *Phyllostachys bambusoides*, que tiene un ciclo de vida de 120 años fue llevada de China al Japón donde floreció entre 1716 y 1735 y luego entre 1844 y 1847. Posteriormente, del Japón se llevaron trozos de esta planta a Inglaterra, a Estados Unidos y a Rusia, donde flo-

recieron en 1960, al mismo tiempo que la del Japón.

Una experiencia similar tuve la oportunidad de presenciar y de seguir en la Estación Agrícola Experimental del ICA en Palmira, Colombia. En la gran zona verde que constituye el óvalo central de dicha Estación, se sembraron hace más de 30 años varias matas de *Bambusa vulgaris* y tres de *Bambusa arundinacea* que habían sido enviadas por el Summit Garden de Panamá, según la información suministrada por el Ing. Agr. Guillermo Ramos Núñez.

En el mes de octubre de 1974 se inició la floración gregaria de las tres grandes matas de *Bambusa arundinacea*, proceso que duró aproximadamente 18 meses, al cabo de los cuales, las tres matas se secaron completamente. Vale la pena anotar que las matas de *Bambusa vulgaris* que están localizadas en el mismo óvalo no florecieron ni han florecido hasta hoy.

Por averiguaciones que hice en ese entonces en el Smithsonian Institution de Washington, al no obtener respuesta del Summit Garden de Panamá, me enteré que los bambúes de esa especie existentes en Panamá habían sido llevados a su vez de Puerto Rico, lugares donde floreció al mismo tiempo que el traído a la Estación Agrícola Experimental de Palmira.

Otro aspecto muy interesante relacionado con este caso es que con fecha febrero 19 de 1977 recibí una carta del señor F.R.I (con firma ilegible), del Forest Research Institute, Dehra Dun, India, en la cual se me ofrecían semillas de *Bambusa arundinacea* a razón de 600 Rupias el kilogramo. Esto quiere decir que en los meses anteriores a febrero de 1977 hubo una floración gregaria de esta especie en la India, posiblemente de la planta madre de los traídos a América, ya que las floraciones coinciden.

Vale la pena anotar, para futuras comparaciones, que alrededor de 30 maticas de bambú obtenidas de la floración de la *Bambusa arundinacea* en Palmira fueron sembradas

en el lindero noroccidental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, a lo largo del colector de aguas negras, con el fin de formar un rompevientos. Estos bambúes deberán florecer nuevamente entre los años 2010 y 2017 aproximadamente.

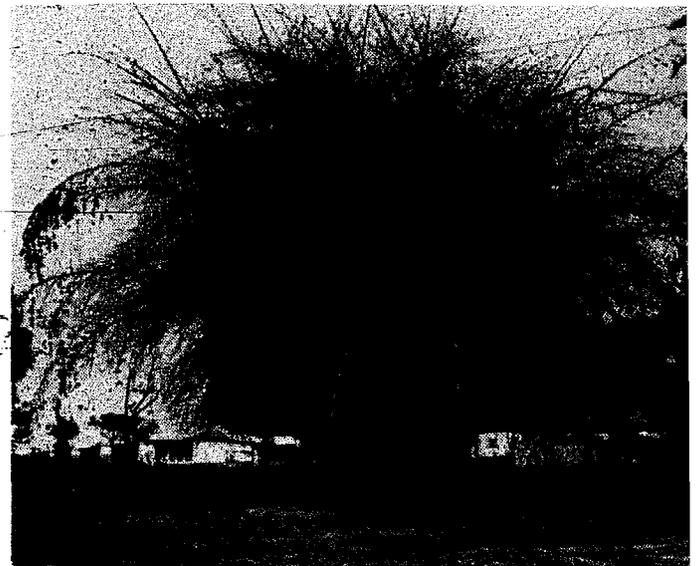
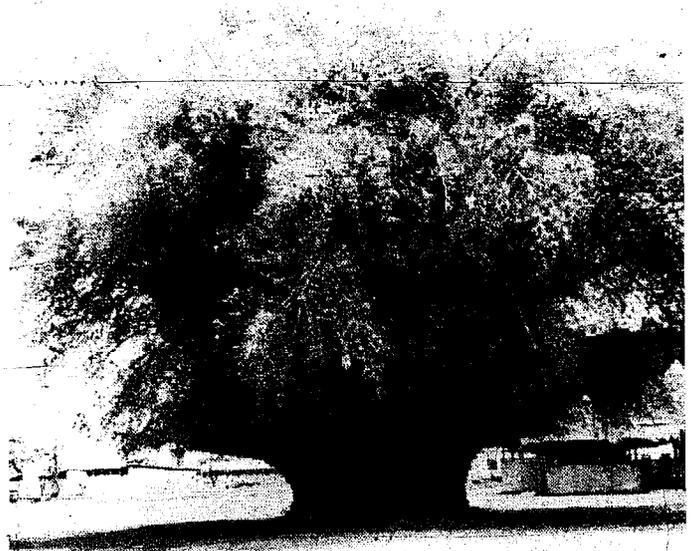
Después de que el bambú florece, algunas de las semillas caen al suelo y germinan. El proceso de regeneración que se inicia desde el momento de germinar la semilla hasta que la planta produce tallos de la dimensión propia de la especie, por ejemplo guaduas de 13 cms. de diámetro promedio, toma entre 8 y 10 años. Es decir que si se llegara a presentar una floración gregaria de la guadua, durante 10 años no se conseguiría una guadua "ni para un remedio" como reza el dicho popular; lo que acarrearía graves problemas económicos y sociales en nuestro país, por ser este material el más utilizado, no sólo en la industria de la construcción, sino por los campesinos y gentes de pocos recursos económicos que la emplean en la construcción de sus viviendas, muebles y en otros muchos usos rurales.

● *Floración Esporádica.* Tomando como ejemplo la guadua, la floración esporádica es aquella que sólo se presenta en uno o varios tallos de un guadual o de varios guaduales. En este caso, si la guadua pierde la totalidad de las hojas y éstas son reemplazadas por flores, el tallo o los tallos florecidos mueren. Pero si el período de floración es corto y sólo aparecen unas pocas flores, el tallo se recupera rápidamente y no muere. Parece que la floración esporádica es causada por influencias de tipo fisiológico y algunas veces por veranos y séquias muy prolongados.

Figura 1-26. Floración de la Bambusa arundinacea ocurrida en Palmira, Colombia en 1974. Fotografía de una de las matas tomada cuatro meses después de iniciarse su floración.

Figura 1-27. Muerte del bambú. La misma mata de bambú 18 meses después de iniciada su floración, al final de la misma. Los tallos y ramas se encuentran ya secos.

Figura 1-28. 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.



Floración de la guadua

Hasta el presente no he logrado obtener informes de que en este siglo o en los anteriores se hubiesen presentado en el país o fuera de él, floraciones gregarias de la *Bambusa guadua*, que nos permita establecer su ciclo de vida. El único informe que existe sobre floración gregaria de una de nuestras especies nativas es dado por Pérez Arbeláez (1956) en su libro *Plantas Útiles de Colombia*, quien se refiere a un bambú de los Llanos de Casanare y de San Martín que florece cada siete años y que él considera como "guadua"; y cita el siguiente comentario hecho por F. Pérez en su libro "Geografía de los Estados Unidos de Colombia", publicado en 1863: "*Parece fuera de duda que las emanaciones de esta gramínea colosal en la época de su floración [que se verifica cada siete años] produce pestes y enfermedades, las cuales han destruido todos los pueblos expuestos directamente a sus efluvios*".

Es indudable que el bambú mencionado no es *Bambusa guadua*. Por otra parte, es muy probable que las pestes y enfermedades a que se refiere sean producidas por la gran cantidad de ratas que generalmente aparecen en la época de floración de grandes extensiones de bambú, como ha ocurrido en la India. Desafortunadamente la información anotada no indica las fechas de la floración ni las características de la misma.

Por comentarios personales que me hizo el Dr. McClure en agosto de 1968, él consideraba la posibilidad de que la guadua fuera uno de los pocos bambúes que florecen cada 120 años.

Con relación a la floración esporádica de la *Bambusa guadua* parece que anteriormente no era muy frecuente, sin embargo en los últimos 2 años se ha estado presentando con relativa frecuencia. Por lo general este tipo de floración pasa inadvertida para la mayoría de los campesinos quienes tienen la creencia de que la guadua no florece. Por ello, cuando se presentan las floraciones esporádicas en uno o varios tallos de esta planta no le ponen



Figura 1-29. Flor de la guadua

mayor atención porque creen que las espigas no son flores o las confunden fácilmente con las ramas o las hojas. Muy posiblemente esto era lo que le sucedía al sabio Mutis de quien Humboldt anotaba: *Mutis, durante 20 años de estar realizando trabajos botánicos en los bosques de Bambusa guadua en Colombia, nunca vio en ellos una flor*". (Freeman, 1896).

Sobre floraciones esporádicas ocurridas en el país existen los siguientes datos obtenidos en su mayoría del Herbario del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional en Bogotá y de la Facultad de Agronomía de Palmira, el primero de los cuales es el más antiguo que conozco: Diciembre de 1854, La Mesa, Cundinamarca; Noviembre de 1940, Pacho, Cundinamarca; Enero de 1942, Tocaima, Cundinamarca; Enero de 1942, La Vega, Cundinamarca; Noviembre de 1946, Cerros de Alcalá, Valle del Cauca; Marzo 1971, Llanos de San Martín.

El primer artículo que se conoce en Colombia sobre la guadua, publicado en un periódico

co, fue escrito por don Ramón Guevara A. en el Papel Periódico Ilustrado, en su edición del primero de octubre de 1881. En uno de sus apartes dice: "*sus flores amarillo-pajizas, están en panícula*". Ello hace pensar que en esa época hubo una floración posiblemente esporádica.

En los últimos años, entre enero de 1969 y octubre de 1976, sólo en 3 ocasiones tuve la oportunidad de observar floraciones esporádicas en uno o varios tallos de guaduales del Valle del Cauca, en áreas próximas a la ciudad de Palmira, incluyendo una que observé en un tallo deforme, en el guadual de la Facultad de Ciencias Agropecuarias. A partir de octubre de 1976 hasta hoy (diciembre 2 de 1977) se han presentado 3 floraciones casi continuas. La primera de ellas, tuvo lugar en todo el país entre octubre de 1976 y febrero de 1977. La segunda floración se presentó entre finales de marzo y principios de mayo del mismo año, repitiéndose de nuevo a partir de octubre de 1977 hasta el presente. Veamos a continuación los aspectos más importantes de estas floraciones.

La floración que se inició en octubre tuvo aspectos muy interesantes, entre ellos el de haber seguido una dirección definida de norte a sur. Se inició a principios del mes de octubre en los guaduales localizados al norte del Departamento de Antioquia, continuando luego hacia el Departamento de Caldas y norte del Valle. A principios de diciembre comenzaron a florecer los guaduales localizados en el área de Palmira y del Departamento del Cauca.

El 16 de diciembre de 1976, previendo que esta floración ya se estuviera presentando en los guaduales del Ecuador, envié una carta al subdirector regional del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador, INIAP, Ing. Jorge Matamoros, consultándole sobre el particular, quien en su respuesta de 7 de enero de 1977 dice no haber obtenido dato alguno sobre este particular. Sin embargo, el Ingeniero colombiano Edgar Caldas Potes, quien viajó a Guayaquil por tierra en los primeros días de febrero, observó entre Santo Domingo de los Colorados

y Guayaquil, que los guaduales ya estaban floreciendo. Es posible que la floración hubiera continuado hacia el sur, hasta la Argentina, donde también la guadua es nativa.

Vale la pena anotar que en la época en que se presentó esta floración había una intensa sequía en el país. Por otra parte, ninguna de las otras especies nativas o foráneas florecieron. Otro aspecto muy extraño de la floración, que observé, es que las pocas flores, que por lo general aparecían en el extremo de las ramas, eran vanas o vacías y un número muy reducido de ellas tenía sólo una semilla en su interior.

En los ensayos de germinación que se hicieron con esta semilla, como se anotó anteriormente, se encontró que sólo el 50% germinaba normalmente, pero si se abría su cubierta con las uñas o con una cuchilla el porcentaje de germinación era mayor.

Las floraciones posteriores que se presentaron, tuvieron las mismas características de la primera; sin embargo, no se repitió en todos los guaduales sino en algunos, al menos en el Departamento del Valle.

Es posible que la guadua sea uno de los bambúes que sólo florece esporádicamente y

Figura 1-30. Como consecuencia de la floración, esporádica 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.



en forma parcial, por lo cual no muere. Sin embargo, existen informes de varias personas que dicen haber visto guaduales aislados que murieron después de florecer. Por otra parte, existen informes de que algunos bambúes florecen varias veces esporádicamente, antes

de hacerlo gregariamente. En la India se tiene como preaviso de que se va a presentar una floración gregaria cuando en el año anterior no brotan los cogollos de bambú. Dejo estas hipótesis para que sean investigadas por las futuras generaciones.

PLAGAS

Tanto en Asia como en América, el bambú es atacado por varios insectos, algunos de los cuales sólo atacan los tallos vivos y otros como el *Dinoderus minutus* que ataca los tallos cortados.

Entre los que atacan los tallos vivos se tienen los siguientes: en Asia: la larva *Aprathea vulgaris* o *Melanotus cete* que ataca los nuevos tallos debido a lo cual se desarrollan mal. El *Cyrtotrachelus longitupes* (Curculionidae) ataca el ápice superior de los tallos nuevos. La *Estigmina chinensis* (Chrysomelidae) ataca a los tallos nuevos en crecimiento y como consecuencia los entrenudos se hacen más cortos y algunas veces se tuercen. Sus huevos los deposita en los tallos tiernos y posteriormente el daño que causa la larva hace detener el crecimiento del tallo. Si el ataque es a un lado, el entrenudo se dobla hacia ese lado.

En América sólo se han hecho estudios muy completos en la Universidad de Puerto Rico sobre el *Dinoderus minutus* que ataca los tallos cortados. Sin embargo, sobre insectos que atacan los tallos vivos muy poco se conoce.

A raíz de las investigaciones que he estado realizando en la Universidad ha sido necesario utilizar un gran número de tallos de guadua, que en su mayoría han sido cortados en el guadual de la Estación Agrícola Experimental del ICA en Palmira. La mayoría de estos tallos, particularmente los maduros, presentan perforaciones de aproximadamente 12 milímetros de diámetro, generalmente en el tercio superior; y próximas a ellas otras perforaciones de dos milímetros de diámetro. Además de estas perforaciones, algunos ta-

llos aparecen con entrenudos destrozados por la acción del pájaro carpintero. Investigando la razón de estas perforaciones, con la colaboración del entomólogo Dr. Adalberto Figueroa Potes, se encontró en el interior del entrenudo una larva blanca, rolliza de unos 7 centímetros de largo por 9 milímetros de diámetro en su parte más ancha, y la cabeza de color pardo ahumado con una "Y" invertida de color crema en la parte frontal, a la que el Dr. Figueroa ha denominado con el nombre de "Broca de la guadua".

Según la explicación dada por el doctor Figueroa, la mariposa deposita los huevos sobre la guadua; una vez que éstos eclosionan, la larva recién nacida hace la perforación de los 2 mm. y se introduce en el entrenudo, cuando ya está desarrollada abre de adentro hacia afuera la perforación de los 12 mm. que sólo utilizará posteriormente para salir, una vez convertida en mariposa. Después de abierta la perforación, forma en el extremo opuesto del entrenudo y de la perforación mayor una celda, separada del resto del entrenudo por una pared que la larva construye en seda y que luego destruye, una vez completado el ciclo de la pupa y convertida en mariposa. Por otra parte se encontró que hay una mosca taquinida que ataca a la larva, como también un hongo que la momifica. Sin lugar a dudas, el daño más grande es causado por el pájaro carpintero, que es otro enemigo natural de la larva, que tratando de localizarla destruye algunos entrenudos, dañando la guadua.

En vista de que no fue posible identificar esta mariposa en Colombia, el Centro de Investigación del Bambú la envió al Smithso-

nian Institution/de Washington en febrero de 1978, donde fue identificada como *Myelobia* sp., superfamilia *Pyraloidea*, familia *Galleriidae*.

La identificación específica no fue completada debido a que el ejemplar, antes de ser enviado, fue atacado por insectos que destruyeron sus órganos sexuales, los cuales son indispensables para determinar la especie. En la actualidad estamos localizando nuevos ejemplares en diversas fases para poder realizar un estudio más completo.

Patiño (1975) hace la siguiente descripción de Barco Centenera (1602), referente a un insecto que ataca a la guadua y que sin

duda alguna se refiere a la "Broca de la guadua" aquí mencionada:

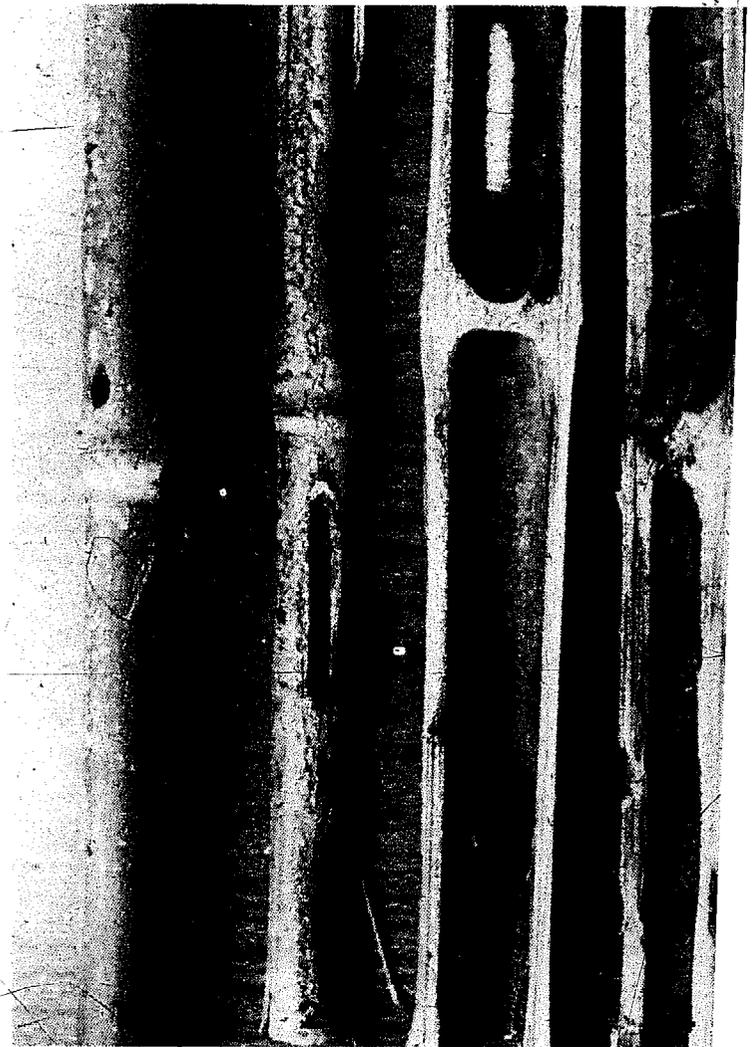
"Uhas cañas he visto y cañutones tan gruesos como piernas muy crecidas catorze y quinze tiene poco menos, cada caña, y de agua todos llenos. El agua es muy sabrosa, clara y fría, mas yendo la caña madurando un gusano se engendra dentro y cria..."

La anterior descripción, que data del año 1602, y el hecho de que sólo 375 años después se venga a descubrir esta plaga con base verdaderamente científica, demuestra una vez más el desinterés que ha existido en nuestro país por estudiar diversos aspectos de nuestra guadua.



Figura 1-31. Mariposa o estado adulto del gusano "Broca de la guadua" (*Myelobia* sp.)

Figura 1-32. La sección No. 1 muestra las perforaciones que el gusano hace tanto para entrar como para salir una vez convertido en mariposa. La No. 2 los daños que hace el pajar carpintero en busca del gusano. En la parte superior de la sección No. 3 se observa el gusano ya desarrollado, y en la inferior, la celda en la cual se aísla la pupa. En la sección No. 4 se observa el hueco por donde salió la mariposa.

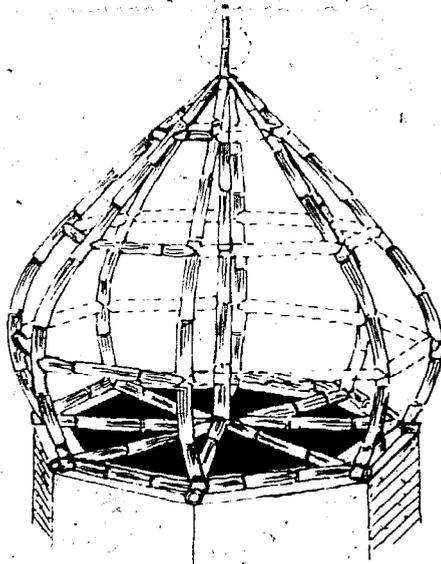


USOS DEL BAMBU

Son tantos y tan variados los usos que se le han dado al bambú, que sería interminable, además de monótono, hacer una lista de ellos. Por esta razón, sólo me referiré a sus aplicaciones más sobresalientes, la mayoría de las cuales corresponden a los países asiáticos.

Durante el transcurso de los siglos y desde épocas prehistóricas, el hombre asiático ha obtenido de esta planta: alimento, vestido, vivienda, herramientas, instrumentos musicales, armas, transporte, juguetes, e infinidad de objetos de uso doméstico. Para muchas tribus primitivas llegó a ser un elemento tan indispensable para su subsistencia, que lo consideraron como un Dios, al cual adoraban. Algunas de ellas como la Piyuma y la Tagalo de la isla Formosa (hoy Taiwan), creían que hasta el primer hombre y la primera mujer habían salido de entrenudos diferentes de un mismo tallo de bambú. De igual manera, en la mitología de la tribu Patangoros, nativa del departamento de Caldas, Colombia, se decía que después del diluvio sólo había quedado un hombre a quien "el am del cielo" le dió una "guadua" que de la noche a la mañana se convirtió en mujer y compañera. Patiño (1976).

Figura 1-33. Cúpula primitiva de bambú inventada por los bengalíes quienes la utilizaron en la construcción de templos budistas.



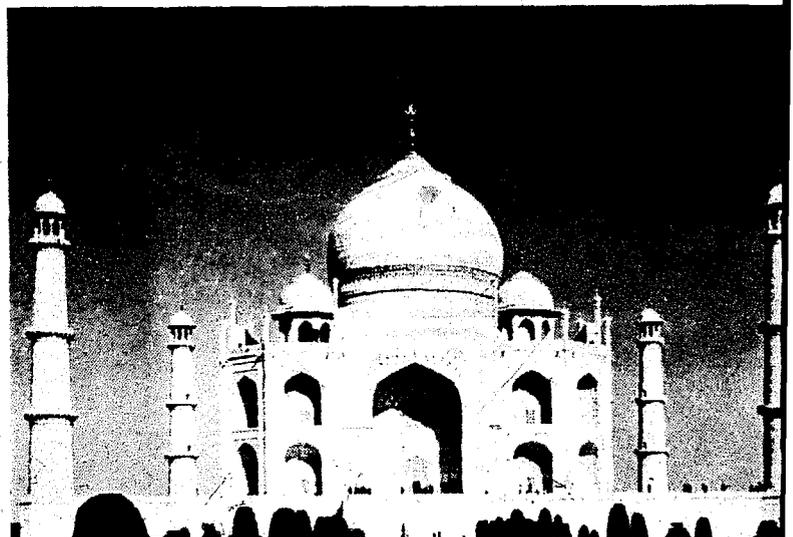
Muchos de los usos primitivos que se le dieron al bambú fueron el origen de grandes inventos, como también de máquinas y herramientas que hoy se construyen en acero. En los últimos años, con la ayuda de la tecnología moderna, se han revivido muchos de los antiguos usos que se le dieron al bambú, a la vez que se han encontrado nuevas formas de aplicación en el campo de la Arquitectura, Ingeniería, Medicina, Farmacia, Química y en otros campos industriales como lo veremos a continuación:

Arquitectura

Muchos de los elementos y formas estructurales que se emplean hoy en la arquitectura moderna, tuvieron su origen en primitivas viviendas de bambú construidas en la India, en China, y en otros países asiáticos.

En la India, los Vedas fueron los primeros en aprovechar la elasticidad del bambú, construyendo en sus viviendas arcos y bóvedas de diferente forma, que luego sirvieron de base a los Bengalíes para inventar la cúpula de bambú, de la cual se derivaron las diferentes cúpulas que hoy son símbolo de la arquitectura Hindú.

Figura 1-34. 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.



Los constructores chinos fueron los primeros en construir pórticos de bambú y en utilizar las vigas dobles a las cuales se les dio posteriormente el nombre de Vierendeel.

Ingeniería

Entre las muchas aplicaciones que se le ha dado al bambú en Ingeniería, quizás la más sobresaliente ha sido el empleo de cables de bambú en la construcción de grandes puentes colgantes, con los cuales los chinos lograron cubrir luces superiores a los 100 metros. En la actualidad el autor ha revivido el uso de los cables de bambú utilizándolos como refuerzo en el concreto. Los resultados de estos experimentos se indican en otra parte de esta publicación.

Los puentes atirantados tuvieron su origen en primitivos puentes construidos en bambú en Java y Borneo. Vale la pena anotar que esta técnica ha sido utilizada por muchos años en Colombia sólo por los indios Páez del departamento del Cauca.

Figura 1-36. En Colombia los únicos constructores de puentes atirantados de guadua son los indios Páez del sur del país. Aunque su estructura es similar a los de Java y Borneo, su acabado es muy rústico.

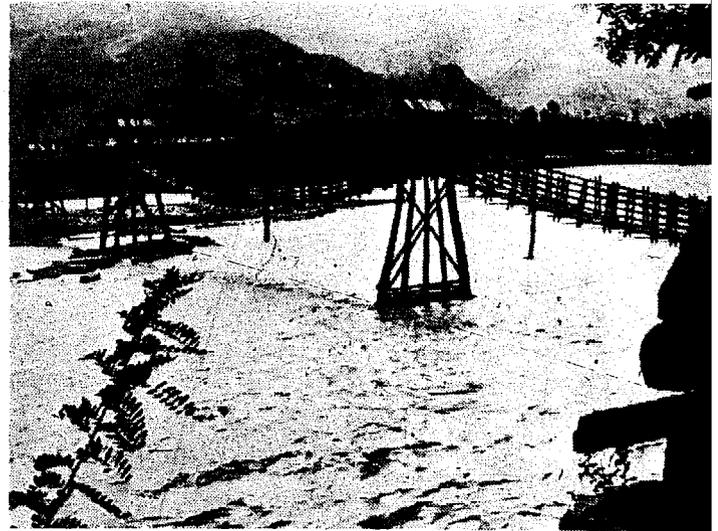


Figura 1-35. Puente colgante con cables de bambú construido sobre el río Min en China. Tiene una longitud aproximada de 225 metros y es el más largo que se conoce en su tipo. Los cables de bambú utilizados en la construcción de puentes colgantes llegaban a tener hasta 30 centímetros de diámetro.

Figura 1-37. Puente atirantado de bambú originario de Java y Borneo. Nótese la limpieza del acabado de la estructura y del piso.



Energía

El fuego fue el primero de los grandes descubrimientos hechos por el hombre. ¿Cómo aprendió el hombre a hacer el fuego? Una de las teorías con mayor fundamento es la de que el hombre primitivo, que se alimentaba de cogollos de bambú, observó cómo el viento producía la fricción de un bambú seco sobre otro de la cual resultaban chispas que ocasionaban grandes incendios forestales. El hombre imitó esta operación con dos bambúes y obtuvo el fuego. Posteriormente, en los lugares donde no había bambú, utilizó madera seca. De allí que se considere que sea el bambú y no la madera el primer elemento utilizado por el hombre para obtener el fuego.

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

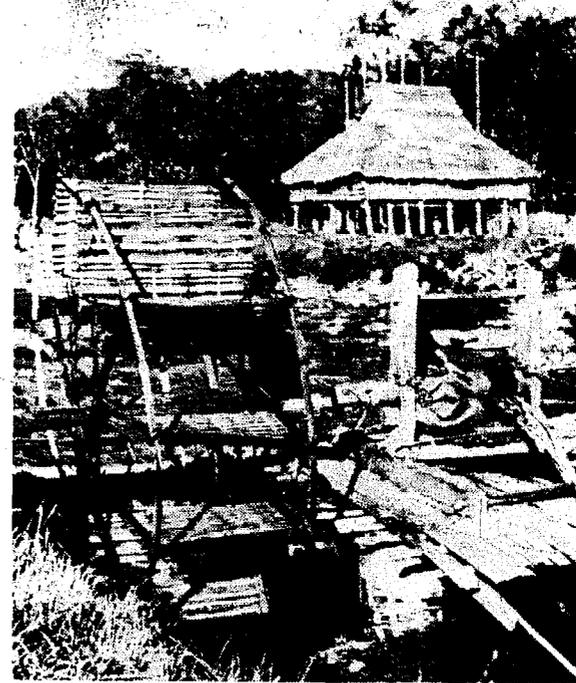
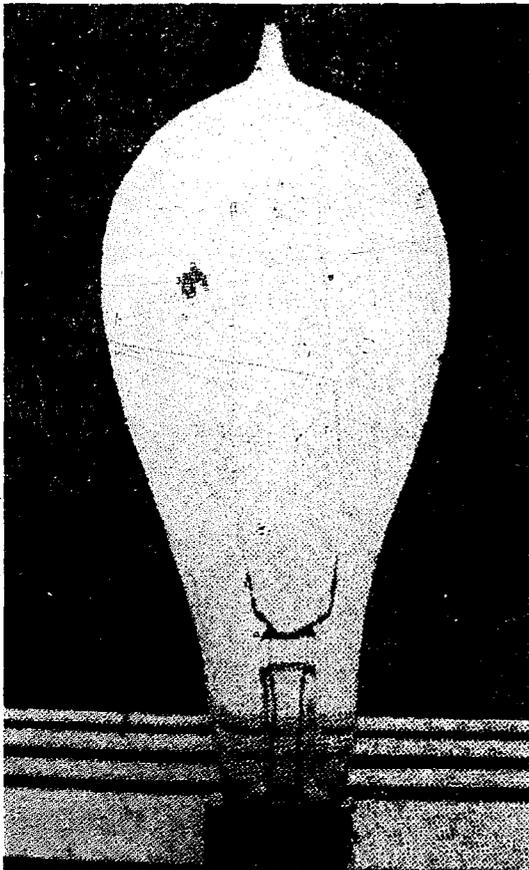


Figura 1-39. Rueda hidráulica de bambú utilizada en Borneo para mover los rodillos de madera con los cuales se muele la caña.

En la fabricación de baterías eléctricas, los científicos japoneses Miyaque y Sugiura (1951) demostraron que el carbón preparado con ciertos bambúes tiene propiedades superiores a los obtenidos de fuentes convencionales.

Para la producción de energía mecánica, se emplea en Burma y en otros países del Asia, la Noria o rueda hidráulica hecha de bambú, la cual, además de utilizarse para subir el agua a niveles superiores, puede mover diferentes piezas entre ellas masas para moler caña.

Con relación a líquidos combustibles, Whitford obtuvo alcohol de la pulpa del bambú en 1921. Posteriormente Piatti, en 1947, obtuvo por destilación de tallos de bambú, un líquido combustible para máquinas Diesel.

Figura 1-38. En la primera bombilla eléctrica, Edison, su inventor, utilizó un filamento carbonizado de bambú

Aeronáutica

En la 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 remonta al año 372 A.C.

El primer avión con fuselaje recubierto con paneles tejidos de bambú fue construido en Filipinas en 1952 por el Ingeniero Antonio J. de León, con resultados muy satisfactorios.

En 1932, ingenieros japoneses 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 de "cohetes" o voladores (como se les dice en Colombia), que los chinos fabricaban como parte de sus juegos pirotécnicos, utilizando entrenudos de bambú rellenos con pólvora.

El helicóptero, según Joseph Needham (1965) tuvo su origen en un juguete chino llamado "dragón de bambú" consistente en dos aspas de plumas colocadas en los extremos de un eje de bambú que giraba con la energía producida por un arcotensionado, similar al de lanzar flechas.

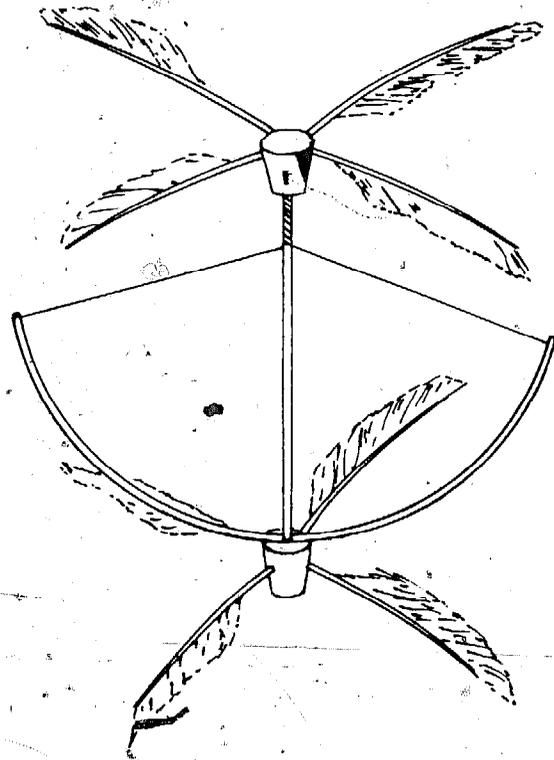
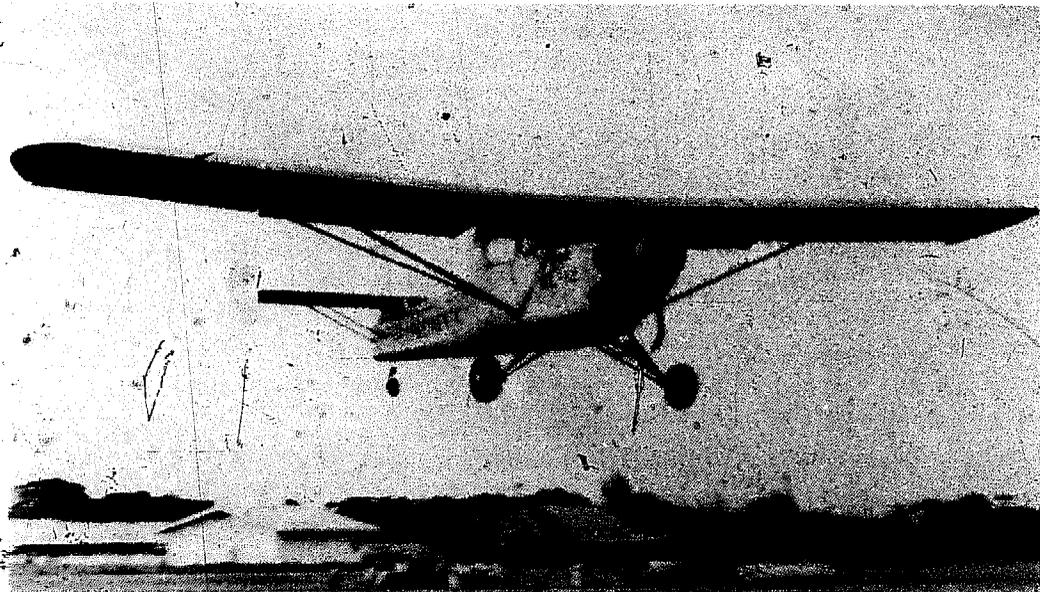


Figura 1-40. Dragón volador de bambú. Juguete chino considerado como el origen del helicóptero.

Figura 1-41. Avión experimental Maya 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.



Textiles

Desde tiempos inmemorables el bambú ha sido utilizado en diversas formas en la elaboración de textiles. En China se elaboraban vestidos para hombre tejidos con finas cintas de bambú, o utilizando pequeños segmentos del tallo que se enhebraban formando una retícula cuadrada o triangular. En el Japón, los famosos guerreros Samurais usaban chalecos protectores elaborados en igual forma

pero empleando una retícula más compacta y secciones de bambúes más gruesas.

En las Islas Célebes, las fibras del 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.

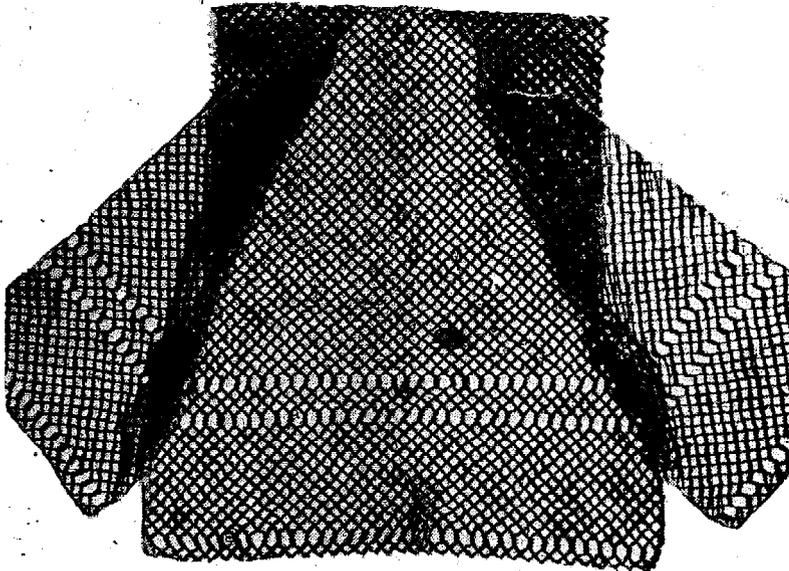


Figura 1-42. Chaleco hecho con pequeños segmentos de bambú, utilizado en China como tal, o como camisa interior para aislar el vestido del sudor del cuerpo.

Pulpa y Papel

Los Chinos escribieron sus primeros libros sobre tablillas de bambú. Luego, en el año 105 D. C. inventaron el papel utilizando 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 surgió en la India la idea de utilizar el bambú en la fabricación de papel a escala industrial, pero sólo fue puesta en práctica a partir de 1925. En la actualidad el 70% de la pulpa empleada en la India para fabricación de papel es obtenida del bambú.

Química y farmacia

Kato extrajo de cogollos de bambú enzimas como la nucleasa y la diaminasa, además de otra que disuelve la fibrina. Yoshida e Ikejiri obtuvieron también de los cogollos un extracto acuoso superior a los corrientes para el cultivo de ciertas bacterias patógenas como la *Shigella* y *Brucella*. Chang, en 1938, aisló entre otras sustancias un compuesto cristalino relacionado con la hormona sexual femenina.

El carbón de ciertos bambúes, además de ser utilizado por los joyeros orientales, por la sílice que contiene, se emplea en la India con fines farmacéuticos.

Las hojas de bambú, que en Asia tienen gran valor nutritivo como forraje, fueron empleadas por Chiharu Oyama para obtener un producto que desodoriza entre otros, el aceite de pescado.

Medicina

En China e India se emplean diversas partes de la planta 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 silicea, opalina, que se deposita dentro de los entrenudos 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, además de tener propiedades afrodisiacas.

Aunque no he observado hasta ahora esta sustancia en la guadua, lo confirma el siguiente fragmento de una carta que Humboldt dirigió al Abate Antonio Cavanillas, Director del Jardín Botánico del Prado en Madrid, el 22 de abril de 1803: *"Ud, recordará sin duda muy bien aquella sustancia silicosa, parecida al ópalo, que el señor Macie analizó en Inglaterra. La descubrimos al oeste del volcán Pichincha, en los bambús o grandes cañas llamados guaduas en el Reino de Santa Fe. Hice experiencias químicas del extracto de esta colosal gramínea antes de que la sustancia silicosa se depositara y noté los siguientes fenómenos curiosos: Es susceptible de una putrefacción animal y parece indicar cierta combinación de una tierra simple con el nitrógeno [Dimock & Hooper, 1893 Farmacographia Indica]."*

En Colombia, según López López (1972) en la medicina popular se emplea la infusión de hojas, en bebida, para disolver los coágulos

sanguíneos y dice también tener información de que el cocimiento de tallos tiernos de guadua cura la epilepsia. Por otra parte, anota que el doctor Alfonso Portilla en su libro "Divulgación de Conocimientos Científicos" tiene las siguientes aplicaciones medicinales para la guadua: "El agua que se extrae de los cañutos de la guadua tiene un ligero sabor salino, no desagradable y los indígenas aseguran que este líquido es diurético"... "Los septos que separan la caña, tomados en infusión, curan la epilepsia infantil y la sílice que se recoge en la base de los entrenudos se dice ser contraveneno".

Es posible que se trate de la misma sustancia con la cual se prepara el Tabashir en la India, lo que confirma lo expresado por Humboldt.

Según el Journal of Antibiotics de Julio de 1966, los científicos japones Sugayama, Kamasuka y Takada, obtuvieron del bambú una sustancia con efectos anticancerosos.

Por otra parte, el bambú ha sido utilizado por muchas tribus asiáticas en forma de cuchillo para practicar la flebotomía, cortar el cordón umbilical, efectuar la circuncisión y aún para degollar.

En contraposición a los muchos beneficios que se obtienen de esta extraordinaria planta, en China y Java se emplean ciertas partes del bambú en la preparación de un veneno que produce la muerte después de una lenta y dolorosa agonía.

BIBLIOGRAFIA

Anónimo, 1780. *Kuang ch'un fang p'u*. [Chapters on the Bamboo]. Translated from Chinese by Michael J. Hagerty, 1919, Berkeley California.

Brown Percy. *Indian Architecture*, [The Islamic Period]. D.B. Taraporevala Sons & Co. Bombay.

K'ai-chih, Tai, *Chu-p'u*. [Monograph on the Bamboo] Written in the Tsin Dynasty, 265-306 D.C. Translated from Chinese by Michael J. Hagerty, Berkeley, California, 1919.

Kurz, S. 1876. *Bamboo and its use*. Indian Forester. Vol. I

Hanzen D.H., 1976. *Why Bamboos waits so long to flower*. Ann. Rev. Ecol. Syst.

Hidalgo-López, Oscar, 1974. *Bambú su cultivo y aplicaciones en Fabricación de Papel, Construcción, Arquitectura, Ingeniería Artesanía*. Estudios Técnicos Colombianos Ltda.

León, Antonio J. de, 1956. *Studies on the use of interwoven thin bamboo strips as stress-skin covering for aircraft*. The Philippine Journal of Science, Institute of Science and Technology. Vol. 85, No. 3

Li, H.L., 1942. *Bamboo and Chinese Civilization*. Journal of the New York Botanical Garden. Vol. 43. September 1942.

López L., Héctor, 1975. *Plantas Medicinales de Caldas, Apuntes para el Folclore y Civilización de la Guadua*. Biblioteca de Escritores Caldenses. Séptima Epocca. Volumen 46, Manizales, Colombia.

McClure, F.A., 1958. *Bamboo in the eco-*

nomny of oriental people. Smithsonian Institution Report. Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture.

McClure, F., 1953. *Bamboo as a building material*. Foreign Agricultural Service. U.S. Department of Agriculture. Washington.

McClure, F.A., 1966. *The Bamboos a Fresh Perspective*. Harvard University Press Cambridge.

Meyer, F. *Chinese Bridges*. Kelly & Walsh Limited. Shanghai.

Needham, J., 1965. *Science and Civilization in China*, Cambridge at the University Press. Vo. 4

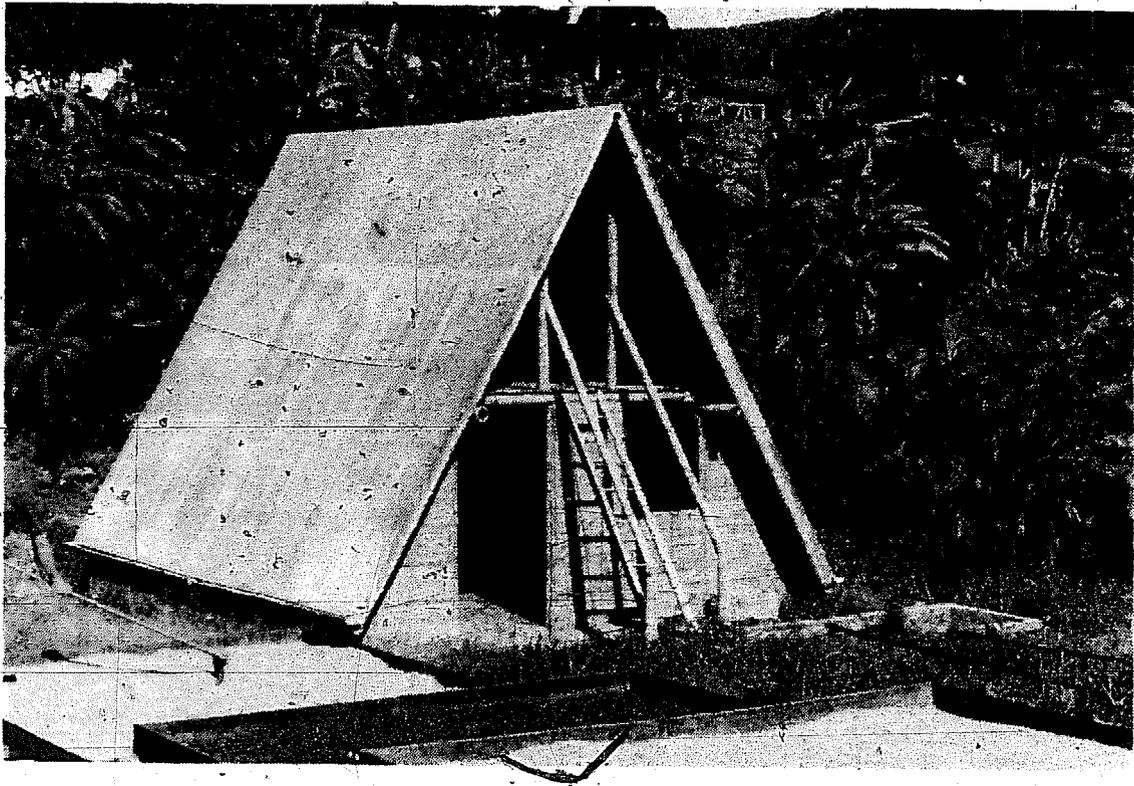
Needham, J., 1970. *Clerks and Craftsmen in China and the West*. Cambridge at the University Press. Vol 4.

Numata, M., Ikusima I., Ogha N., 1974. *Ecological studies of bamboo flowering*. Ecological studes of bamboo forests in Japan, XIII. Bot. Mag.

Patiño, Víctor Manuel, 1975. *Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial*. Cali. Imprenta Departamental.

Ueda, Koichiro, 1960. *Studies ont the Physiology of Bamboo with Reference to Practical Application*. Resources Bureau Science and Technics Agency Prime Minister's Office Tokio. Reference Data No. 34.

Ying-Hsing, S. 1966. *T'ien-kung K'ai-wu*, [Chinese Technology in the Seventeenth Century]. The Pennsylvania State University Press University.



**Estructuras tipo "A" para
beneficiaderos de café**

2

INTRODUCCION

Siendo el café la base de la economía de nuestro país, la primera actividad desarrollada por el Centro de Investigación del Bambú fue la de tratar de ayudar a los pequeños productores de café a mejorar su calidad y producción, ya que ellos constituyen el 92% de los caficultores colombianos que tienen una producción anual igual o inferior a 400 arrobas de café, según los datos obtenidos del Censo Cafetero realizado en 1970.

La mayoría de estos pequeños productores son campesinos de pocos recursos económicos que no disponen de beneficiaderos de café debido al alto costo de su construcción, la cual se ha hecho tradicionalmente en concreto reforzado, con muros de ladrillo y techo de madera aserrada. Por esta razón muchos campesinos se ven obligados a recorrer grandes distancias, algunas veces a lomo de mula, para llevar sus cosechas a las centrales de beneficio que con este propósito ha establecido la Federación en diversas zonas cafeteras.

Teniendo en cuenta que en las zonas cafeteras existen por lo general grandes guaduales, muchos de los cuales lamentablemente están siendo arrasados para ampliar las áreas de este cultivo; el Centro de Investigación del Bambú presentó a consideración de la Federación Nacional de Cafeteros el estudio de un nuevo tipo de beneficiadero para pequeños caficultores, para ser construido totalmente con este material, incluyendo los tanques de fermentación, [Ver Bambú-cemento].

Este estudio se basó en el "Beneficiadero 500" diseñado por los técnicos de CENICAFE, en el cual se reemplazó su estructura de concreto y ladrillo por una sencilla estructura de guadua que por su forma se denomina tipo "A", de gran estabilidad, antisísmica, fácil de construir por el mismo campesino, y con un costo equivalente al de dos cargas de café. Por otra parte, dispone de un área mayor que la del Beneficiadero 500, lo cual no sólo permite aumentar su capacidad a 1.000 arrobas sino también darle otros usos en épocas diferentes a las de cosecha, ya sea como galpón para avicultura, cunicultura etc., o como vivienda de trabajadores temporales, con lo cual se logra su mayor aprovechamiento.

Con la aprobación de la Federación, el beneficiadero experimental tipo "A" se construyó a mediados de 1976 en el Centro Nacional de Investigaciones del Café, CENICAFE, en Chinchiná, con la colaboración del Ing. Agr. Alvaro Valencia M., Técnico de dicho Centro, quien diseñó la parte correspondiente al beneficio.

La estructura tipo "A", cuya construcción en guadua se describe a continuación, se deriva de una de las formas más primitivas de vivienda utilizadas por el hombre. Hasta ahora el material más utilizado en su construcción ha sido la madera. La mayor aplicación que se le ha dado en diversos países a este tipo de estructura ha sido en cabañas o pequeñas casas de campo y es posible que en el futuro llegue a ser utilizada como vivienda campesina en nuestro país, debido a su fácil construcción en guadua y a su bajo costo. Con este propósito se indica al final del capítulo un esquema de una pequeña vivienda campesina adaptada a esta estructura.

EL BENEFICIO DEL CAFE

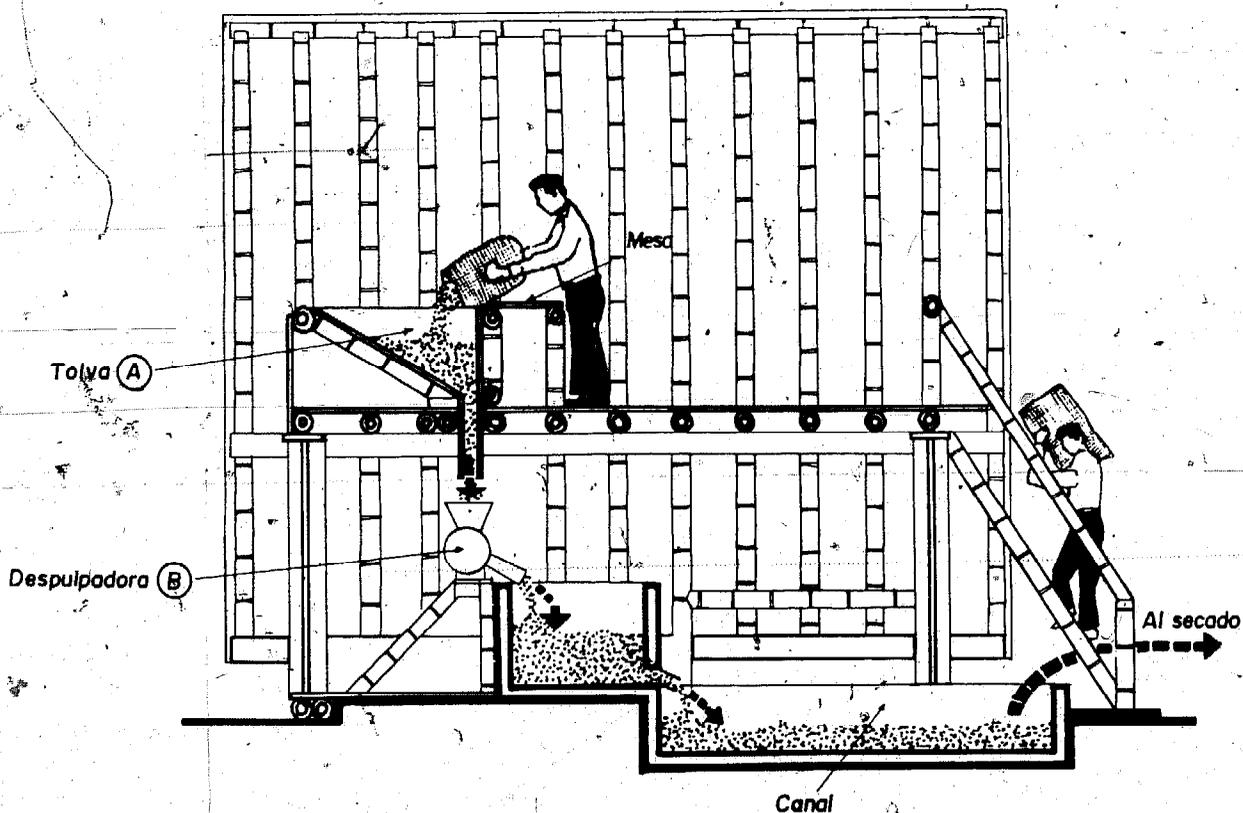
Para construir apropiadamente un beneficiadero, se requiere que el constructor tenga una idea muy clara, tanto de la función que éste va a prestar como de la disposición lógica de los elementos o máquinas que se van a utilizar, con el fin de que el proceso que allí se realice sea continuo y no haya interferencia entre las diferentes actividades.

Como es posible que algunos lectores no estén familiarizados con el proceso de beneficio del café, a continuación se hace una descripción muy resumida del mismo, complementada con un dibujo de la sección longitudinal del beneficiadero tipo "A", en el cual se muestran las diferentes operaciones.

El beneficio se inicia con la recolección de las cerezas maduras en el cultivo. De allí son transportadas, el mismo día que se recolectan, a una instalación que comúnmente se conoce con el nombre de beneficiadero donde se efectúan las siguientes operaciones:

- 1.- **Despulpado.**- Al llegar la cereza al beneficiadero se deposita en la tolva "A" (ver figura), localizada en el segundo piso, de donde pasa a la máquina despulpadora B, localizada en el piso inferior. Esta máquina tiene la función de separar la cáscara del grano de café. Sus dimensiones y características dependen de volumen de producción que se tenga.
- 2.- **Fermentación.**- Una vez despulpada la cereza, los granos de café pasan a los tanques de fermentación "C", donde se descompone el mucilago que cubre el grano, el que una vez descompuesto se disuelve en agua y se elimina por medio del lavado. Esta operación toma entre 12 y 30 horas, si demora más tiempo puede rebajar la calidad de la bebida.
- 3.- **Lavado.**- Una vez que el café está en el punto apropiado de fermentación o sea cuando está "cortado" se procede inme-

Figura 2-1. Sección longitudinal del beneficiadero tipo "A" en el cual se muestran las diversas operaciones del beneficio del café.



diatamente al lavado. Esta operación, como se anotó anteriormente, tiene como fin disolver y eliminar el mucilago. Para el lavado se utilizan los mismos tanques de fermentación cuando las cantidades de café no son muy grandes. Pero el lavado más aconsejable es el que se efectúa en tanques de fermentación con canal de lavado "D". En este caso se llena con 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 pesados y de mejor calidad queden en el fondo, y los vanos y sin almen-dra floten.

- 4.- 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.

Si el lector desea tener una información más amplia sobre el proceso de beneficio, deberá consultar a los técnicos de la Federación Nacional de Cafeteros o el Manual del Cafetero Colombiano.

CARACTERISTICAS DEL BENEFICIADERO

En el estudio de este beneficiadero se tuvieron en cuenta 3 factores muy importantes como son: adaptabilidad a las diferentes necesidades del pequeño caficultor, bajo costo, y fácil construcción.

Adaptabilidad

El beneficiadero tipo "A" ha sido diseñado para pequeñas fincas cafeteras que tengan una producción inicial anual de 500 arrobas de café, pero dispone del área suficiente para ampliar su capacidad a 1.000 arrobas cuando se estime conveniente.

Su espacio interior se ha aprovechado en tal forma, que además del área para las instalaciones de beneficio, dispone de un armario para depósito de herramienta y de 3 mesas para la selección o escogencia del grano, que en la noche pueden ser utilizadas como camas, lo que permite albergar a 3 trabajadores temporales en la época de cosecha.

En épocas distintas de la de cosecha, el beneficiadero puede ser utilizado con otros fines, tales como vivienda, taller, galpón para aves, etc. Con este propósito los tanques de fermentación se han diseñado portátiles, lo cual permite desplazarlos a otro lugar cuando no estén en uso para obtener un mayor espacio.

Bajo Costo

Por lo general en todas las zonas cafe-

teras existen grandes guaduales, razón por la cual el costo de este material en estos lugares es muy bajo, lo mismo que su transporte.

En su construcción se emplean técnicas tradicionales y sencillas que el campesino conoce, por lo cual no necesita contratar los servicios de maestros de obra o albañiles.

No requiere de acabados costosos, ya que el piso como las paredes pueden hacerse de esterilla de guadua, sin recubrir y utilizarse como cubierta o techo una sola capa de tela asfáltica pegada sobre la esterilla.

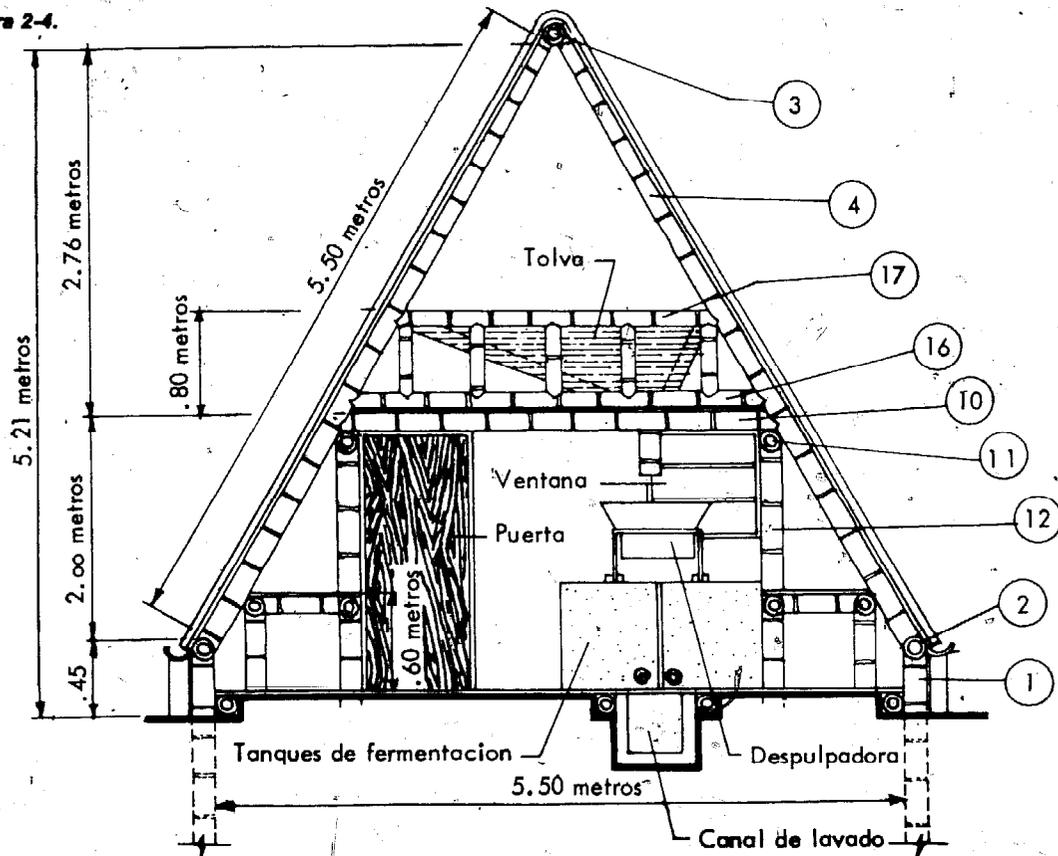
Para reducir aún más los costos se ha desarrollado una nueva técnica en la construcción de los tanques de fermentación, empleando para ello canastos de guadua recubiertos con mortero de cemento, que el mismo campesino puede construir, siguiendo las normas que se explican en otra parte de esta publicación.

Fácil Construcción

En la construcción de la estructura, (sin incluir las paredes), sólo se emplean 5 elementos estructurales de diferente dimensión que se repiten. Esto quiere decir que no es necesario cortar infinidad de piezas de diferente dimensión para armar la estructura. Por otra parte, cuando se quiera hacer una adición para ampliar la capacidad del beneficiadero, no es necesario realizar modificaciones complicadas en su estructura.

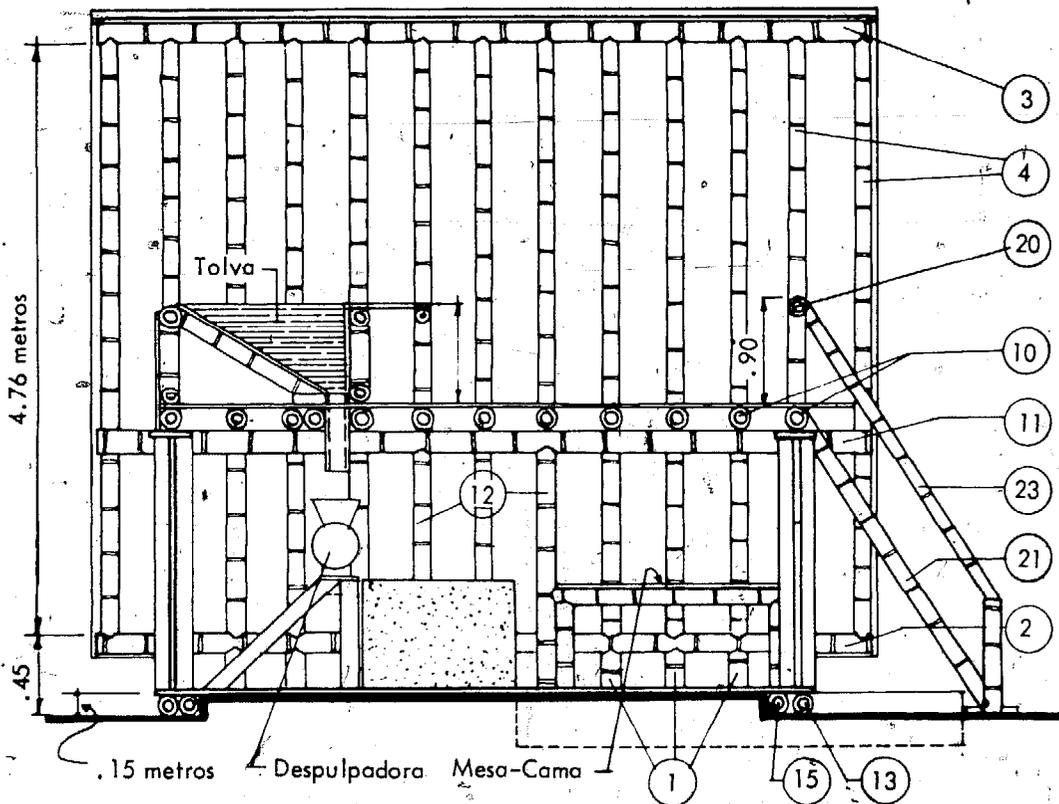
Corte Transversal

Figura 2-4.



Corte Longitudinal

Figura 2-5.



NORMAS DE CONSTRUCCION

1.- El sistema gráfico de construcción del beneficiadero tipo "A" que a continuación se describe, se aplica solamente a la guadua. En el caso de que se quiera construir esta estructura con madera aserrada o rolliza (redonda) debe seguirse otro sistema de construcción, ya que estos materiales son más pesados y requieren de otro tipo de empalmes o uniones.

2.- La construcción del beneficiadero tipo "A" debe hacerse de acuerdo a las dimensiones que se indican en plantas y cortes, y siguiendo el orden y especificaciones de las diferentes etapas de construcción.

3.- Debido a la variabilidad de las dimensiones de la guadua, no es posible indicar en los dibujos medidas exactas entre los elementos estructurales, por ello sólo se indican las dimensiones más importantes entre ejes o entre algunos bordes superiores, inferiores o entre laterales. Las otras medidas son resultantes del grosor o diámetro de la guadua que se utilice.

4.- Para los elementos estructurales sólo deben emplearse guaduas maduras o mayores de 3 años, con un diámetro promedio no menor de 10 centímetros, que hayan sido previamente curadas, secadas y en lo posible inmunizadas. En ningún caso deben utilizarse guaduas que se encuentren atacadas por los insectos.

5.- Donde sea posible todas las uniones deben clavarse con puntillas hasta de 3" y luego asegurarse con amarras hechas con alambre galvanizado, a pesar de que ello no se indique en los dibujos.

6.- Debido a la variación del diámetro en una misma guadua, cuando se coloquen horizontalmente deben nivelarse por su lado superior y no por el inferior.

7.- En la construcción de paredes de bahaque o de embutido, los parales de guadua deben plomarse y alinearse por el lado exte-

rior, utilizando para ello un hilo inferior y otro superior que se fijan a los parales extremos previamente plomados y alineados.

No se recomienda hacer coincidir el centro de los parales de guadua con el centro o eje del muro, a no ser que todas sean iguales en diámetro; de lo contrario unas quedarán más salientes que otros, siendo necesario colocar a los lados de las guaduas más delgadas, rellenos de latas o cintas de guadua, con el fin de nivelar la superficie de la esterilla. En cambio si se alinean los parales por el lado que va a quedar como "derecho" del muro sólo es necesario corregir los defectos por el "revés del muro".

8.- Para cortar una serie de piezas de la misma longitud, debe cortarse primero una lata o cinta de guadua con la dimensión indicada y en base a ella cortar las piezas que sean necesarias. No es conveniente utilizar la pieza que se corte como medida de la siguiente porque generalmente hay tendencia a ir las alargando o acortando y puede perderse el trabajo.

9.- Antes de iniciar la construcción del beneficiadero el constructor debe leer muy detenidamente este manual para que pueda formarse una idea muy clara del sistema de construcción y de la colocación de las diferentes piezas.

Figura 2-5A. Los empalmes pueden hacerse con ayuda de un serrucho, de una segueta, un machete, o de una azuela como se muestra en la figura.



Etapa No. 1 —Localización, Explanación y Replanteo

1- El beneficiadero debe construirse en una zona próxima a una fuente de agua y lo más cerca posible de la vivienda del caficultor, entre otras razones, para que su mujer pueda ayudarle en las labores de beneficio en los ratos libres que le permitan los quehaceres del hogar.

2- Una vez localizado en la finca el lugar más apropiado para construir el beneficiadero, se delimita con 4 estacas una zona de 10 metros de ancho por 12 de longitud, la cual se nivela una vez que se limpie completamente de hierba, arbustos, raíces, etc. Si el terreno es pendiente y no es posible expla-

nar la totalidad del área indicada, se explanará al menos una faja de 3 ó 4 metros de ancho por 12 de larga, paralela a la curva de nivel, sobre la cual se localizará la entrada del beneficiadero y el canal de lavado.

3- El replanteo consiste en trazar sobre el terreno los cimientos y muros de una construcción. Este trazado se hace con ayuda de hilos que se templan entre estacas o guías para señalar el eje y ancho de los mismos, o el alineamiento interno o externo de columnas y parales de muros, en el caso de construcciones de bambú.

Considerando que el beneficiadero se

Figura 2-6.

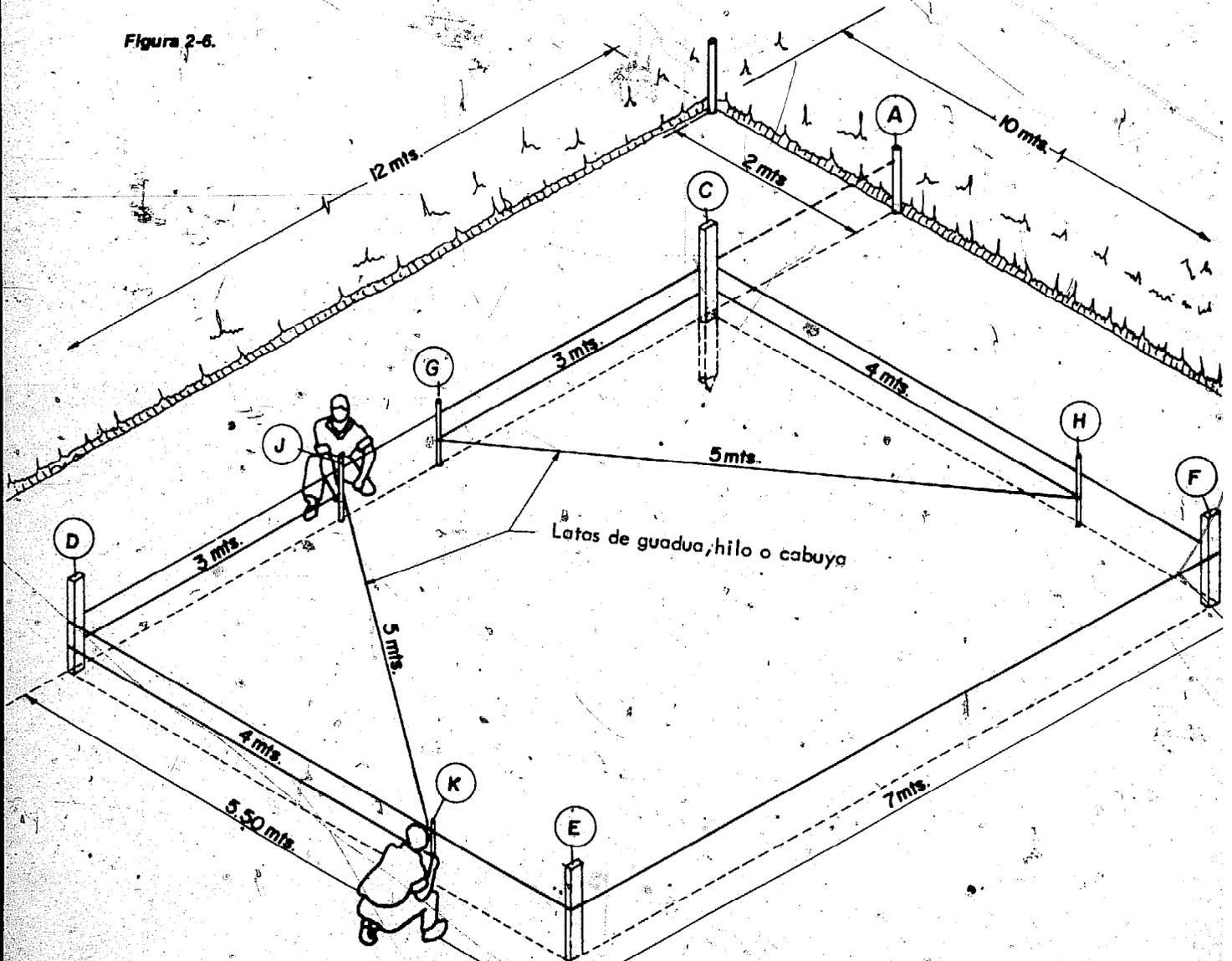
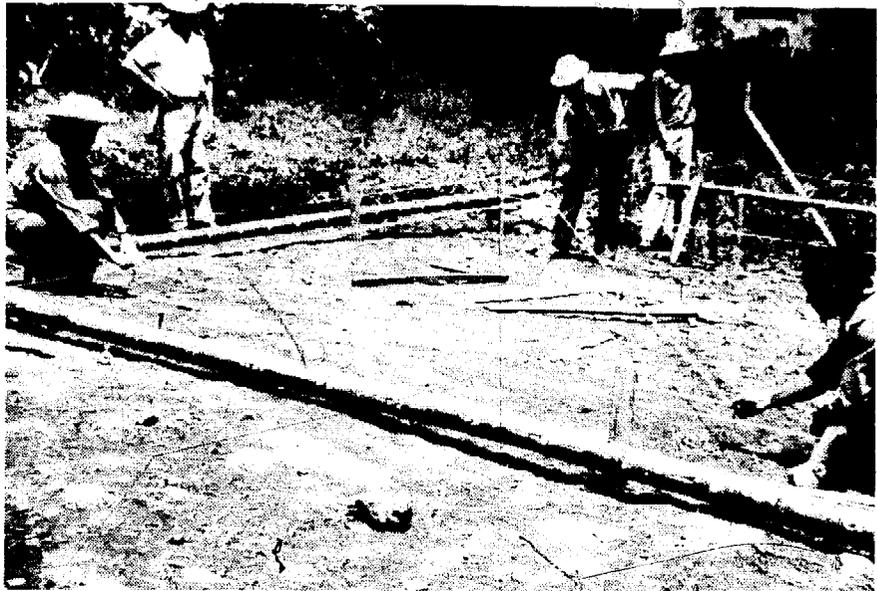


Figura 2-7. Trazado de la cimentación con ayuda de hilos o cabuyas.



construirá sobre terreno plano o explanado, el trazado de su cimentación consistirá en localizar sobre el terreno el alineamiento interno y separación de las dos hileras paralelas de soportes No. 1, así como también los ejes de los huecos donde se enterrarán parcialmente.

Como puede verse en la Figura No 2-4, correspondiente a la sección transversal del beneficiadero, la separación interna entre las dos hileras de soportes No. 1 es de 5,50 metros. En base a esta medida se construye en el centro de la explanación un rectángulo de 5.50 metros de ancho por 7 metros de largo, determinado por las estacas C, D, E, F, el cual se inicia trazándose primero el lado CD y posteriormente las perpendiculares a éste, DE y CF, en las formas como a continuación se describe:

Se temple un hilo entre las estacas "A" y "B" previamente colocadas en los bordes de la explanación, como se indica en el dibujo, en el cual sólo alcanza a verse la estaca "A". Luego, a 2.50 metros de distancia de la estaca "A" se clava la estaca "C" por el lado interno del hilo. Esta estaca, al igual que las otras, debe ser de madera aserrada, de 80 centímetros de longitud o más, para que una vez clavada sobresalga del suelo por lo menos 60 centímetros. Al colocarse debe quedar muy bien plomada 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 metros y se coloca la estaca "D", en tal forma que dicha medida coincida con el borde externo de la estaca, o sea el más próximo a la estaca "B".

4- Para trazar las líneas "CF" y "DE" perpendiculares a "CD" se procede en la siguiente forma: A partir del borde extremo de la estaca "C" y en dirección "CD" se toma una distancia de 3 metros y se clava una estaca delgada "G". Luego se cortan 3 latas de guadua bien derechas, con las siguientes longitudes: Una de 3 metros, otra de 4 metros y la tercera de 5 metros; con ellas se forma un triángulo como se indica en el dibujo. En el vértice formado por las latas de 4 y 5 metros o sea en el punto 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 5.50 metros hasta el borde externo de la estaca "F". En igual forma se procede para localizar la estaca "E". Para comprobar si las estacas "CDEF" están bien colocadas, la medida diagonal tomada entre las estacas "C" y "E" debe ser igual a la tomada entre "D" y "F".

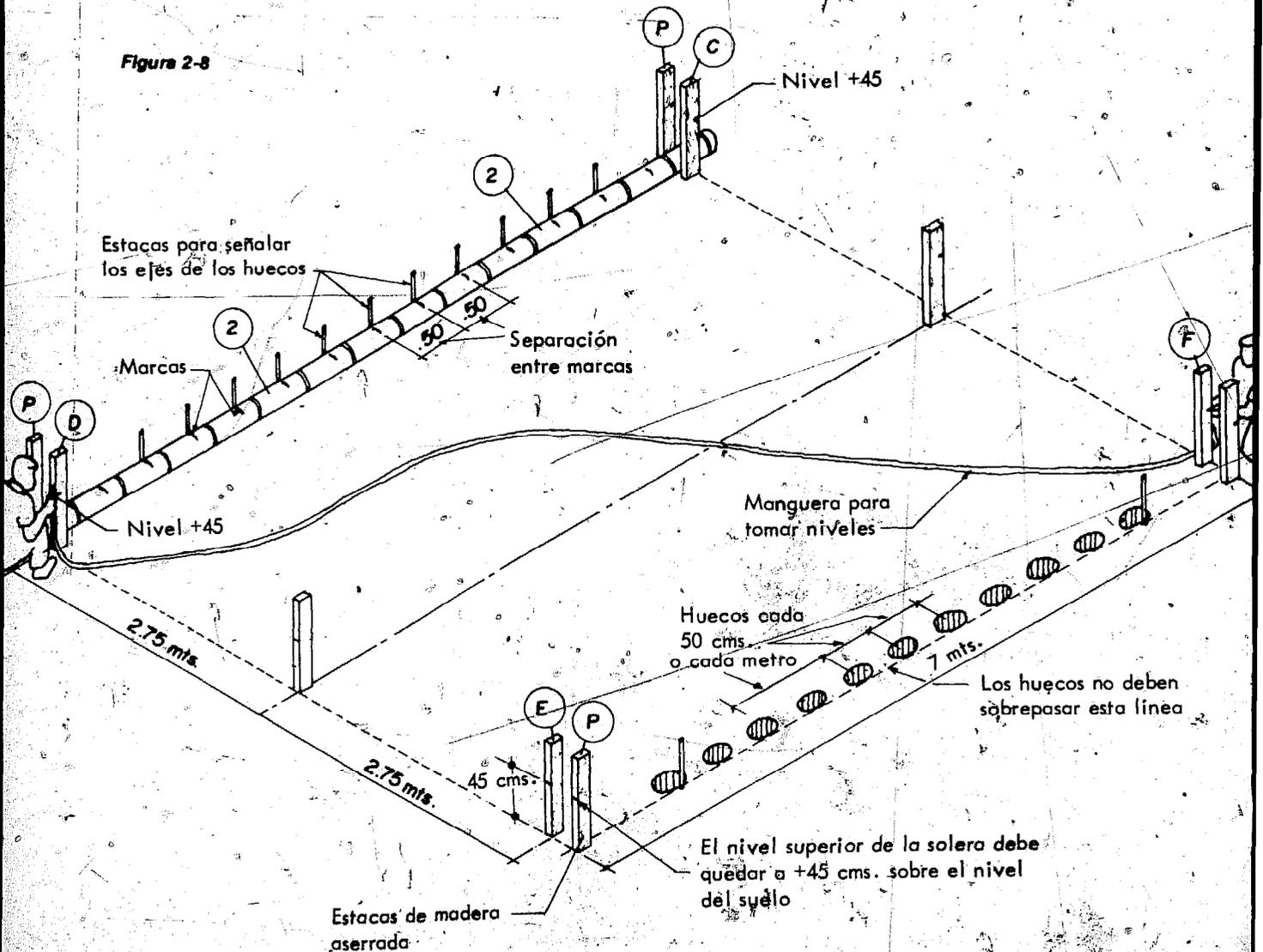
Etapa No. 2 —Excavaciones y Niveles

1- Los soportes o piezas No. 1 sólo se emplean cuando el beneficiadero se construye directamente sobre tierra explanada, 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 en la forma como se indica más adelante.

Si el beneficiadero se construye en terreno inclinado donde no sea posible hacer una explanación o un relleno, debe construirse previamente una plataforma de bambú al nivel del acceso, sobre la cual se apoyan directamente las soleras No. 2 no siendo necesario por consiguiente utilizar las piezas No. 1.

El número total de piezas No. 1 que se requieran en cada hilera depende: del peso del material que se vaya a utilizar como cubiertas (tejas, mortero de cemento, paja, etc.), del diámetro y espesor de la pared de las guaduas o bambúes de que se disponga, como también la resistencia del suelo a un metro de profundidad. En el presente caso se ha considerado la condición más desfavorable y por ello se indican en cada hilera 11 piezas No. 1 colocadas a 50 centímetros 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.

Figura 2-8



2- Una vez que se decida sobre el número de soportes No. 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 utilizando las piezas No. 2 en las cuales previamente se han indicado marcas cada 50 centímetros, en cada una de las cuales se asegurará posteriormente el extremo inferior de los Cabios No. 4. Tanto la preparación de las piezas No. 2 como la colocación de las marcas se hace en la siguiente forma:

3- Las 2 piezas No. 2 que se requieren deben cortarse cada una con una longitud total de 7,50 metros, 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 las de los soportes No. 1 para que encajen bien en éstos. Una vez cortadas se indica con lápiz la primera marca a 25 centímetros de uno de sus extremos y a partir de ésta, las marcas se colocan cada 50 centímetros, hasta completar un total de 15 marcas, de las cuales las 13 intermedias corresponden a 13 cabios.

Una vez marcadas las 2 piezas se colocan respectivamente por el lado externo de las estacas CD y EF, teniendo el cuidado de colocar los 2 extremos de menor diámetro hacia el mismo lado, y de hacer coincidir las 2 marcas extremas con los bordes externos de las estacas, cuya separación es de 7.50 metros y por lo tanto deben corresponder. Hecha esta operación se aseguran las piezas No. 2 contra las estacas principales con 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 sea el número de soportes que se decida colocar, el primero y último soporte de cada hilera debe corresponder a la tercera marca, contada a partir de cada extremo. La segunda y penúltima marca corresponde al primero y último cabio y no llevan soporte inferior por corres-

ponder al borde del alero; y la primera y última marcas, como se anotó anteriormente, 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 con una profundidad no menor de un metro.

4- 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 estar a 45 centímetros sobre el punto más alto del suelo. Esta altura o nivel se toma primero en una de las estacas, por ejemplo 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.

Figura 2-9. Las estacas, una vez clavadas, deben plomarse y asegurarse con 2 soportes diagonales en la forma como se indica en la figura, para evitar que se muevan.



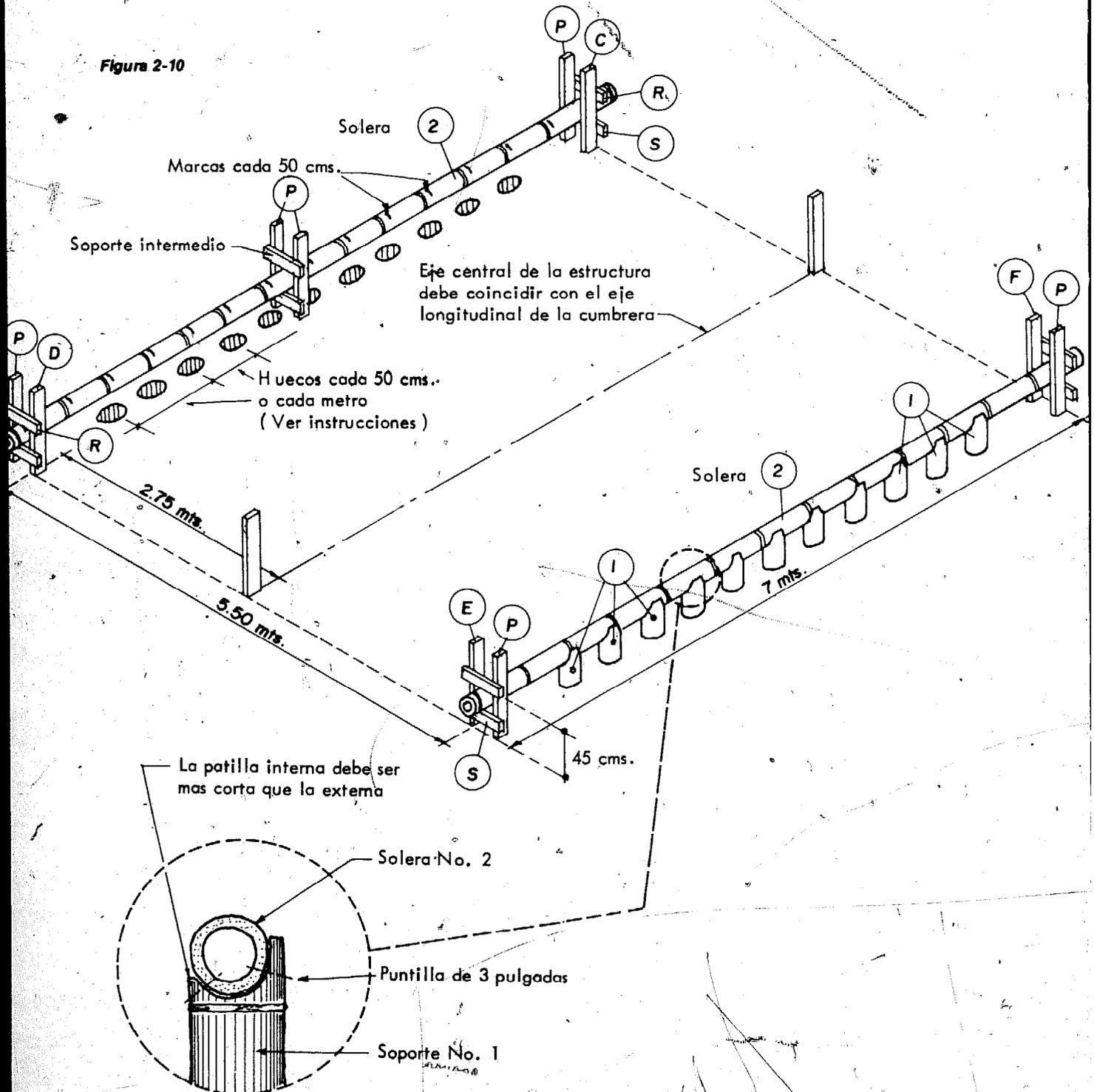
Etapa No. 3 — Colocación de las piezas No. 1 y No. 2

1. Una vez excavados 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 2 estacas "P", como se observa en el dibujo. Con ayuda de la manguera se indica en ellas el nivel más 45

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 + 45 centímetros, marcadas en cada una de ellas.

Figura 2-10



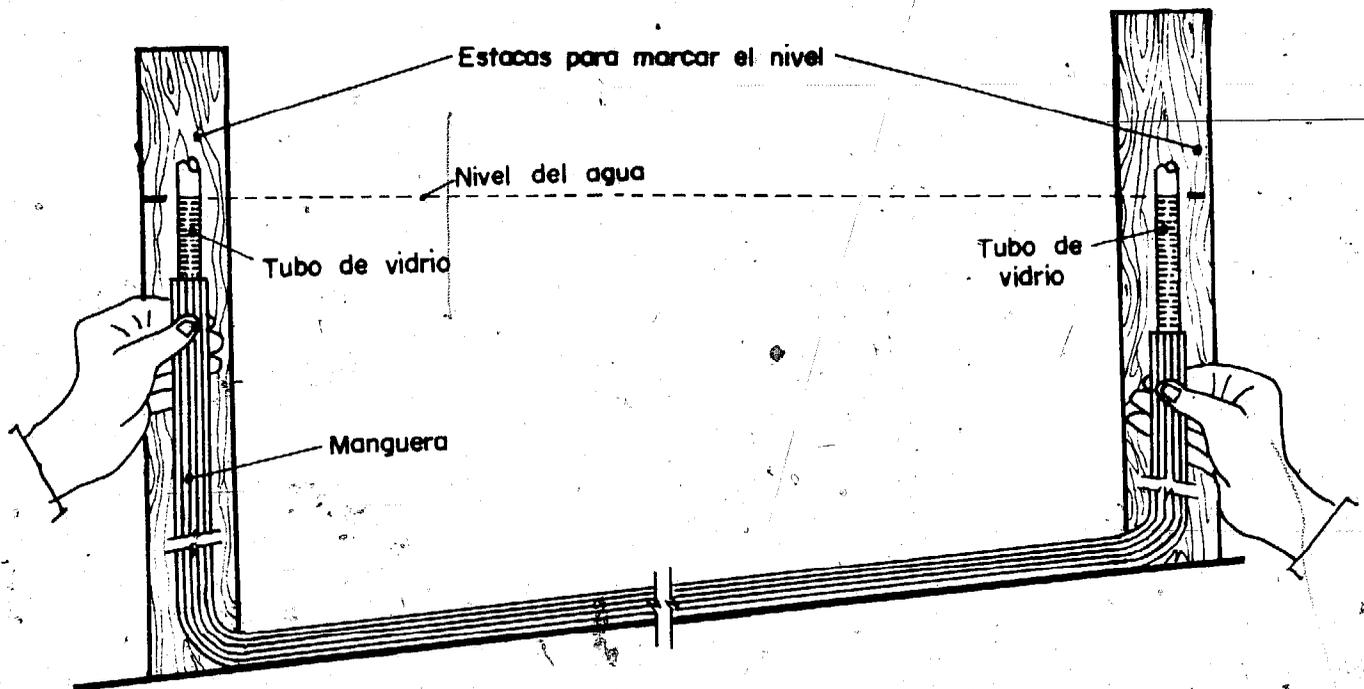


Figura 2-11. Nivelación de dos puntos con manguera. En el caso de que no se disponga de una manguera de plástico transparente, que es la más indicada, se puede utilizar cualquier otro tipo de manguera, adaptándole en sus extremos dos tubos de vidrio o de plástico. Al llenar la manguera con agua debe tenerse el cuidado de que no quede con burbujas de aire en su interior ya que estas afectan el nivel del agua.

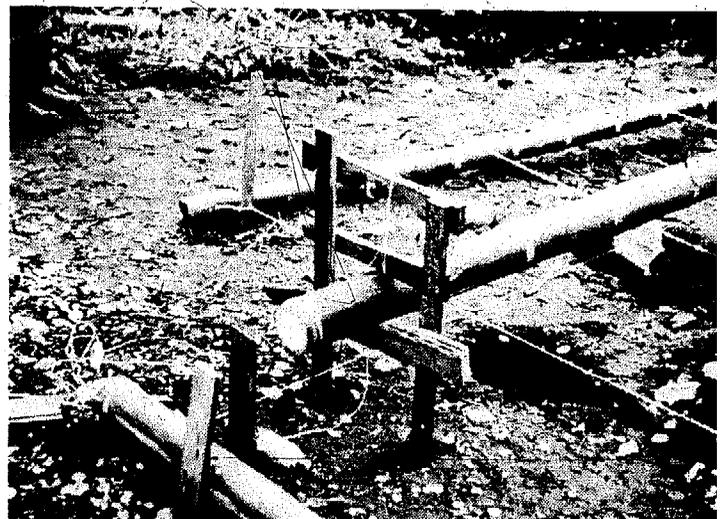
3. Después de clavados los listones "R", entre dos personas se eleva a un mismo tiempo la pieza No. 2, hasta que su parte superior tope con el listón "R" sin presionarlos demasiado para no arrancar las estacas. Mientras se sostiene en esta posición, una tercera persona clava por debajo de la guadua otro listón horizontal "S" que tiene por objeto sostener las guaduas. Esta operación se hace primero en el soporte del centro y luego en los extremos.

4. Una vez que las soleras No. 2 queden fijadas en la posición elevada con ayuda de latas delgadas de guadua, 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 guadua 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 (de 190°), totalmente o hasta una altura de 20 centímetros 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.

Figura 2-12. Forma de sujetar las piezas No. 2 una vez niveladas por su parte superior.



Etapa No. 4 —Erección del Techo

1. Colocadas y aseguradas las piezas No. 1 y 2 se procede a la construcción de la estructura del techo, la cual puede hacerse en dos formas. La primera de ellas consiste en colocar la cumbrera No. 3 en su posición elevada, sostenida por una serie de soportes centrales, después de la cual se colocan y aseguran los cabios No. 4. La otra forma consiste en elevar la cumbrera a su posición elevada, fijándola primero, a nivel del suelo, al extremo superior de 4 cabios, formando un marco, el cual se hace girar en el apoyo de los cabios sobre la solera No. 2 hasta que la cumbrera llegue al centro donde se fija por el lado opuesto utilizando piezas auxiliares No. 5 que tienen igual longitud que los cabios 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 centímetros con el fin de facilitar posteriormente la colocación del extremo superior de los cabios 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 cabios No. 24 (26 en total), deben cortarse de guaduas que tengan en lo posible el mismo grosor, con una longitud total de 5.80 metros. La longitud útil de los cabios es de 5.50 metros o sea la misma dimensión que hay horizontalmente entre las caras internas de las soleras No. 2, con la cual forman los cabios un triángulo equilátero. Debido a esta circunstancia es posible cortar los cabios tomando como base las dos soleras.

4. Los cabios se cortan en la siguiente forma: Se colocan horizontalmente sobre las 2 soleras en las marcas respectivas. En el extremo inferior del cabio, 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 media guadua que se observa en la parte inferior del dibujo. En esta forma se cortan todos los cabios de un lado de la cumbrera; para cortar los del lado opuesto se invierte la posición de las guaduas al colocarlas sobre las soleras.

5. Para girar la cumbrera a su posición, se construye primero un marco, como se indica en el dibujo, formado por: la cumbrera, 4 piezas No. 4, una lata horizontal inferior paralela a la cumbrera, y 2 latas diagonales o riostras que impiden que el marco se deforme.

Para evitar que se zafen los cabios de la solera al colocarlos horizontalmente en el armado del marco, se amarran en su extremo inferior 2 latas 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 cabio se coloca entre 2 soportes No. 1 para facilitar su giro, pero después de colocada la cumbrera en posición, estos cabios se corren a sus respectivas marcas sobre las soleras.

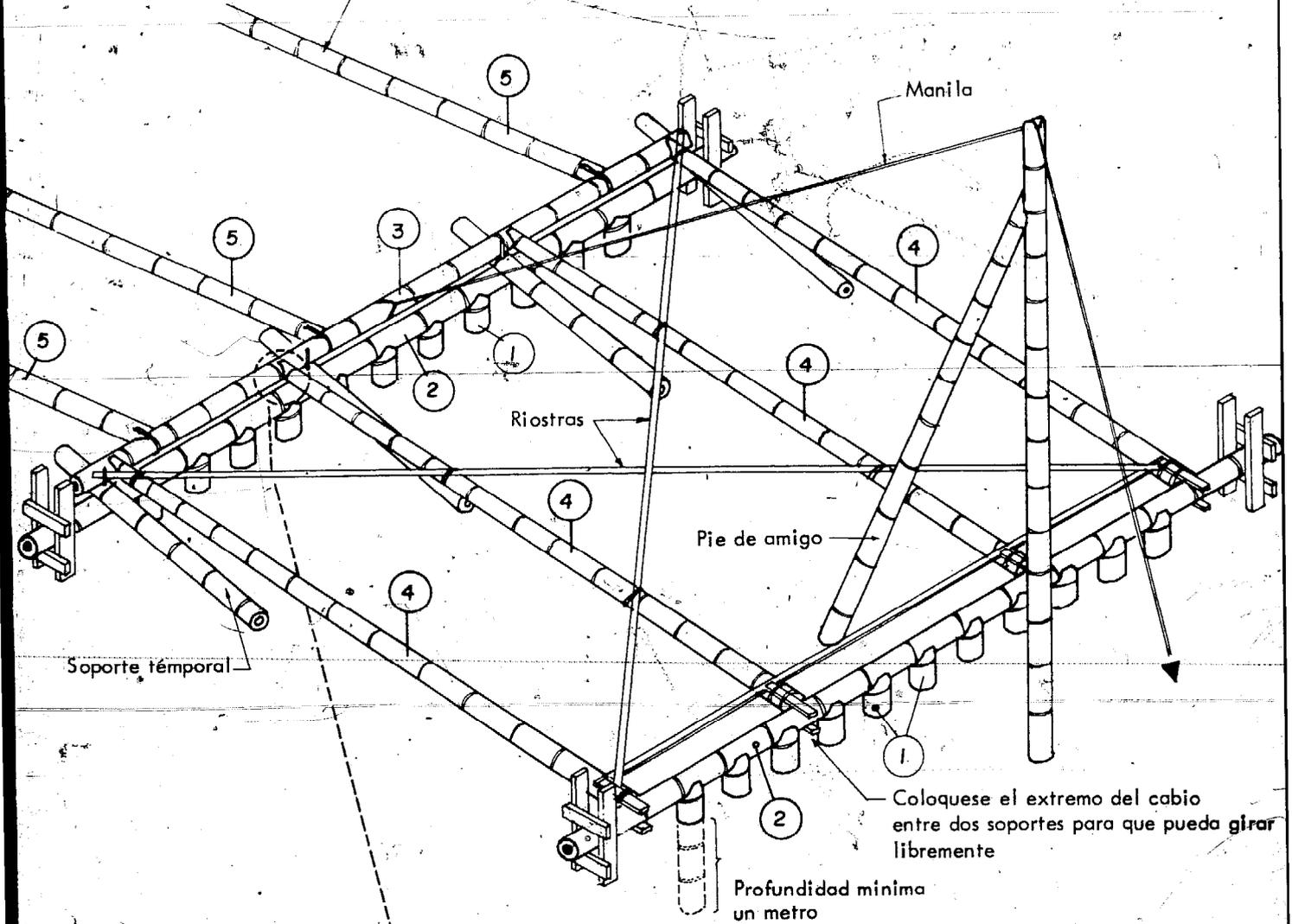
Para facilitar la labor de asegurar la cumbrera al extremo de los cabios y evitar que resbale sobre la solera, se colocan transversalmente varios tarugos o "soportes temporales" como se observa en el dibujo.

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 cabios número 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 número 5 puede reemplazarse por cabios con amarras relativamente sueltas. En este caso la cumbrera debe empujarse hacia arriba con ayuda de varas en lugar de empujarlas diagonalmente con los cabios, con los cuales se han reemplazado las piezas número 5.

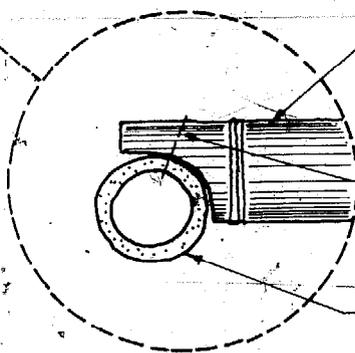
Figura 2-13

Las piezas No. 5 pueden ser reemplazadas por cables No. 4 (Ver informacion)



Coloquese el extremo del cable entre dos soportes para que pueda girar libremente

Profundidad minima un metro



Extremo superior del cable No. 4

Clavar y amarrar con alambre

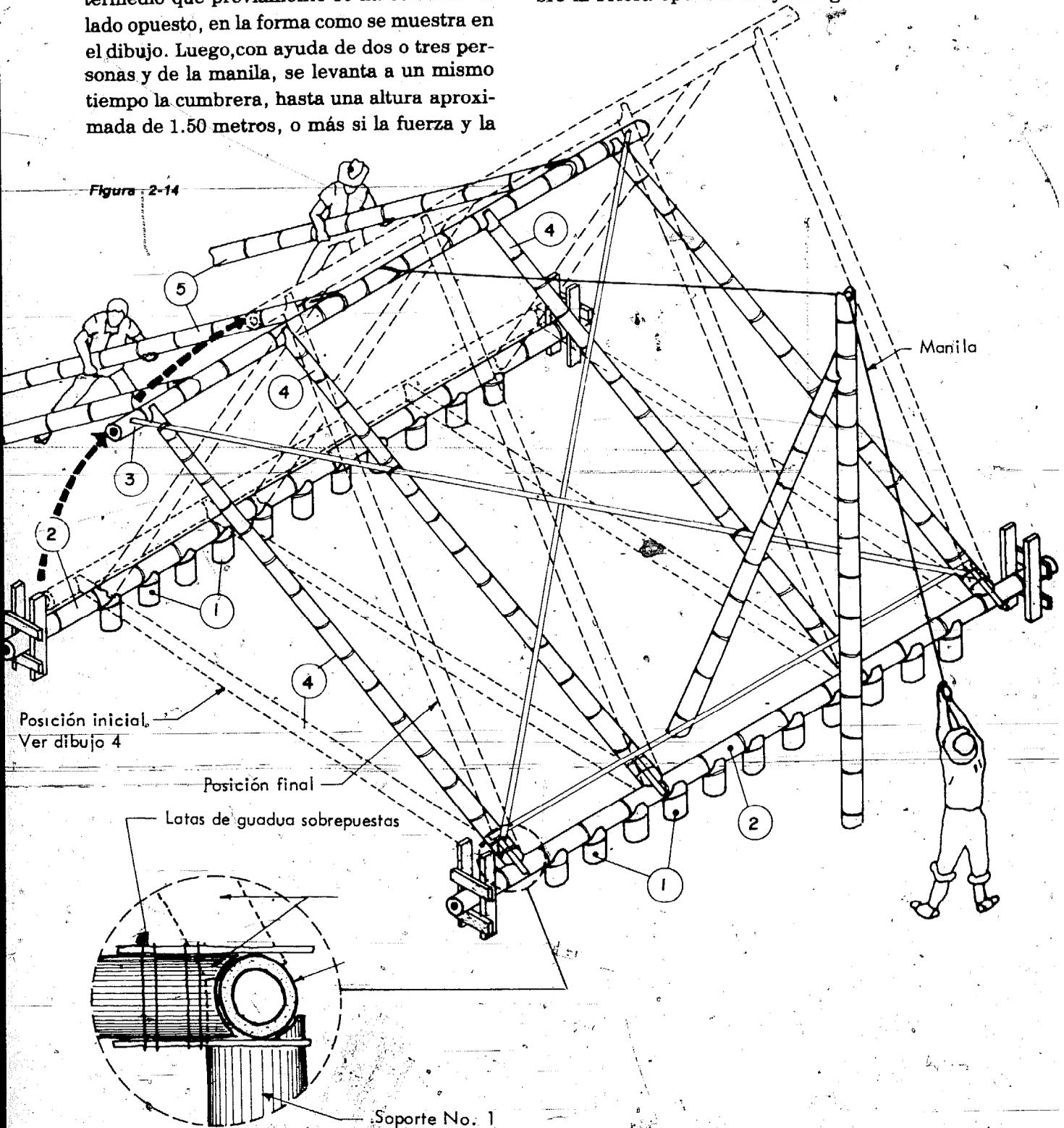
Cumbra No. 3

Etapa No. 5 — Colocación de la Cumbra en posición

1. Una vez listo el marco, la siguiente operación consiste en hacerlo girar, con este propósito se utiliza una manila que se asegura al centro de la cumbra 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 ayuda de dos o tres personas y de la manila, se levanta a un mismo tiempo la cumbra, hasta una altura aproximada de 1.50 metros, o más si la fuerza y la

altura de las personas lo permiten. De esta altura en adelante se continúa elevando la cumbra con la ayuda de las piezas No. 5 y de la manila, hasta que el extremo inferior de estas piezas pueda colocarse o descansar sobre la solera opuesta al eje de giro.

Figura 2-14



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 cabios 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.

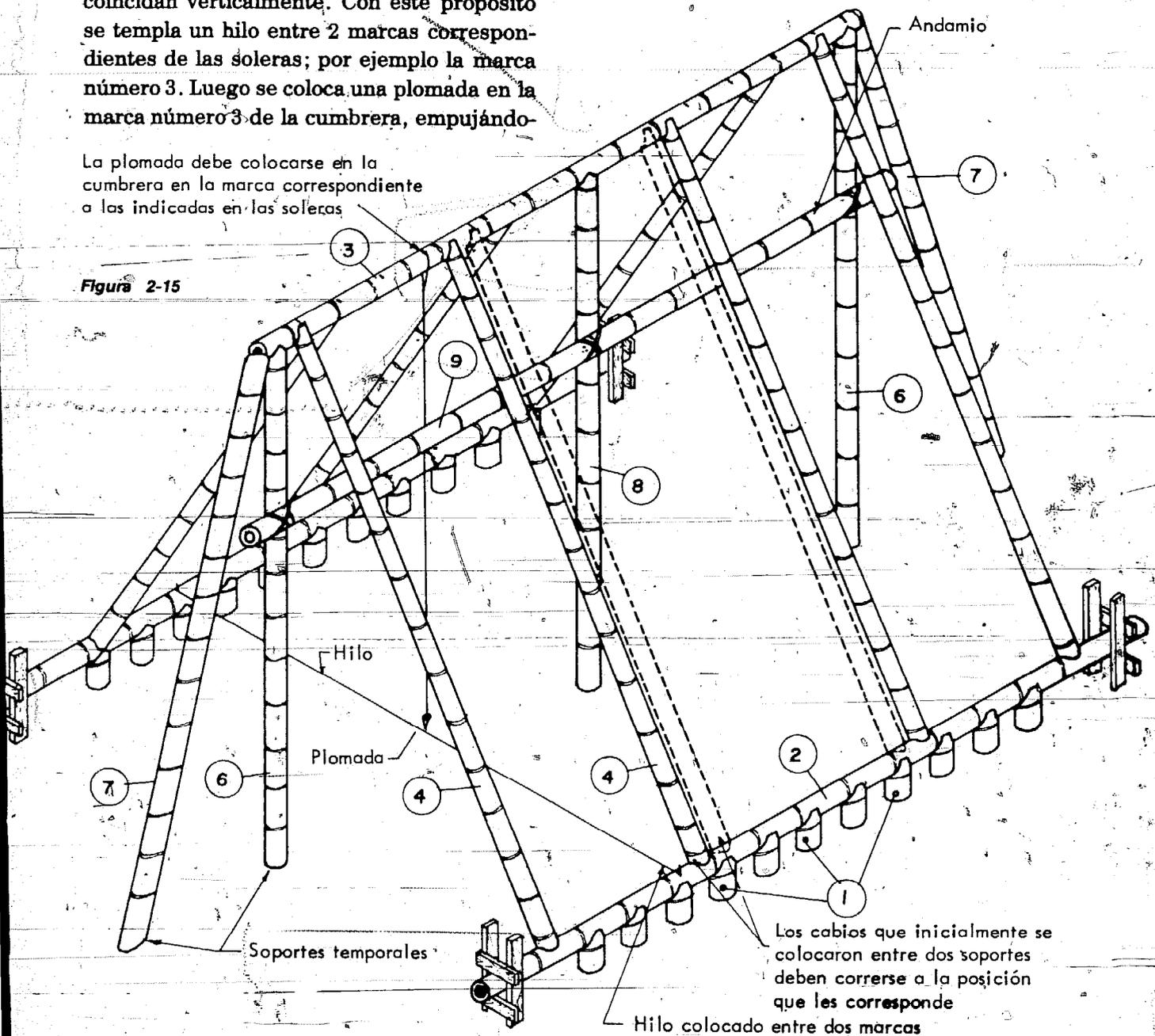
2. Antes de asegurar el extremo superior de los postes a la cumbrera, ésta debe plomarse con relación a las soleras No. 2, con el fin de que las marcas correspondientes coincidan verticalmente. Con este propósito se temple un hilo entre 2 marcas correspondientes de las soleras; por ejemplo la marca número 3. Luego se coloca una plomada en la marca número 3 de la cumbrera, empujando-

se 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 No. 6 y 8 a la cumbrera.

3. Entre los 3 postes se amarra con alambre una guadua No. 9 colocada horizontalmente, a una distancia aproximada de 1.50 metros por debajo de la cumbrera.

La plomada debe colocarse en la cumbrera en la marca correspondiente a las indicadas en las soleras

Figura 2-15



Etapa No. 7 — Colocación de los Cabios y armado del entrepiso

1. Una vez colocados los diagonales extremos, y el andamio, se quitan las riostras que se colocaron en el marco en la etapa 4, y se procede a colocar los cabios, que previamente fueron cortados en la forma como se explica en la misma etapa.

2. Los cabios deben colocarse por pares, es decir el del lado derecho y el del izquierdo al mismo tiempo, teniendo el cuidado de hacer coincidir su centro o eje longitudinal con las respectivas marcas indicadas tanto en la soleira como en la cumbrera, después de lo cual se aseguran a éstas con puntillas de 3 pulgadas y con amarras de alambre, aunque ello no se indique en los dibujos.

3. Después de colocados y asegurados los cabios, 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:

4. El nivel superior de las piezas No. 10, colocadas horizontalmente, debe quedar a 2,76 metros por debajo de la cumbrera. Esta altura se mide sobre uno de los postes No. 6 señalándose con un lápiz. Luego con ayuda de la manguera se pasa este nivel a los 4 cabios extremos, en cada uno de los cuales se clava una puntilla, entre las cuales se templen 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 cabios a la altura del hilo.

Una vez marcados los cabios 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 unión perfecta con los cabios.

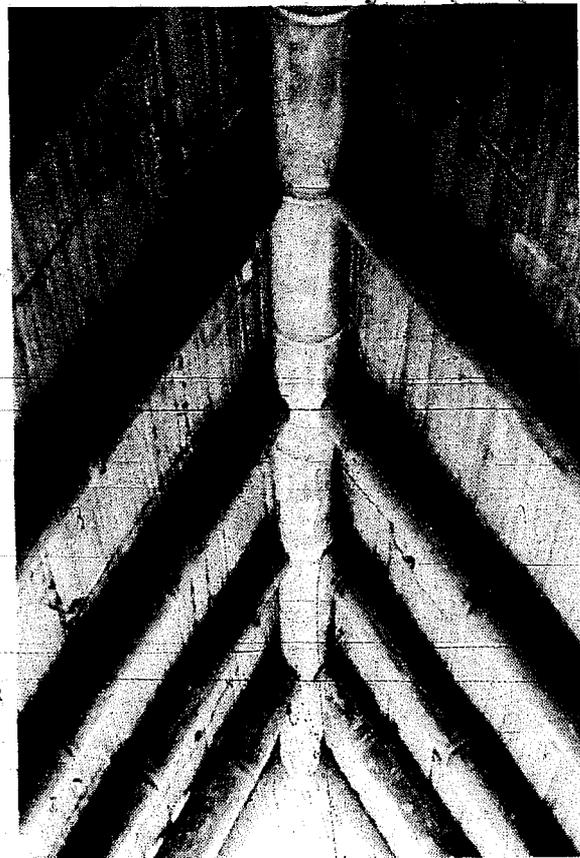
Este empalme se corta en forma similar a la indicada en el detalle inferior del dibujo de la etapa 8. Como puede observarse, el lado más corto de la pieza No. 10 es el superior y su longitud es igual a la separación entre las dos marcas de dos cabios opuestos. Esta longitud se determina entre los dos cabios con ayuda de una cinta o lata y luego se

indica la dimensión en la guadua que se va a cortar.

La longitud del lado más largo es difícil de determinar si se emplean guaduas de diferente diámetro, por ello conviene utilizar guaduas del mismo grosor y un poco más gruesas que los cabios para que puedan encajar en ellos.

Para determinar la longitud del lado más largo se cortan las 2 piezas extremas No. 10, que se fijan al segundo y penúltimo cabio, teniendo el cuidado de que los bordes extremos del lado superior coincidan con las marcas puestas en los cabios. Una vez que estas piezas se aseguren con puntillas y alambre a los cabios, se temple un hilo a cada lado uniendo los extremos inferiores de estas piezas, después de lo cual se marca nuevamente cada cabio. Es muy importante que las piezas No. 10 queden ajustadas y

Figura 2-16. Vista interior de la estructura en la cual se muestra la unión del caballete con los cabios.



niveladas por encima. También debe tenerse cuidado de que no produzcan en los cabios barrigas hacia afuera, lo que sucede cuando se cortan las piezas No. 10 más largas de lo

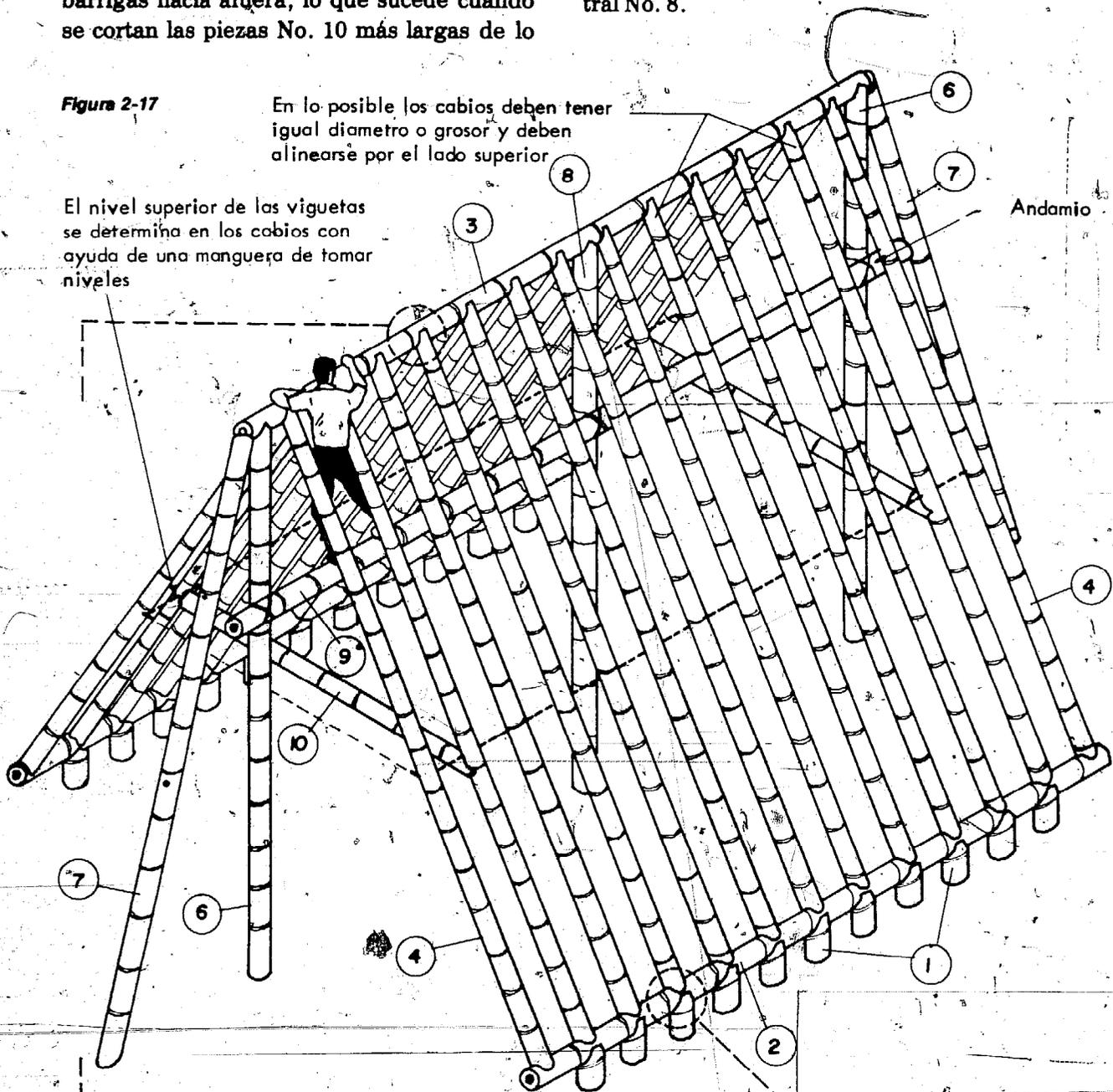
indicado. Antes de iniciar la colocación de las piezas No. 10 debe suprimirse el poste central No. 8.

Figura 2-17

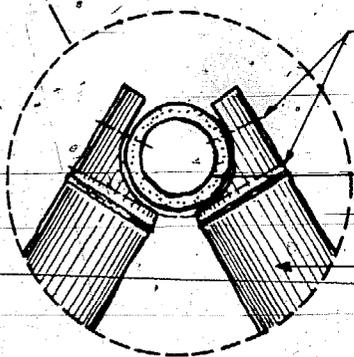
En lo posible los cabios deben tener igual diametro o grosor y deben alinearse por el lado superior

El nivel superior de las viguetas se determina en los cabios con ayuda de una manguera de tomar niveles

Andamio



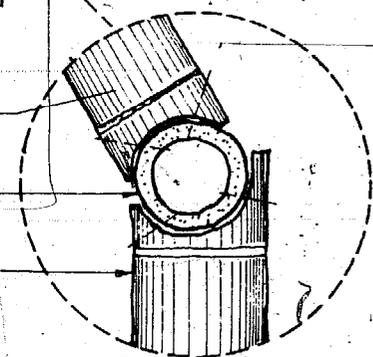
Los cabios deben clavarse a la cumbrera y amarrarse con alambre No. 18



Cumbrera No. 3

Cabios No. 4

DETALLE A



Cabio No. 4

Solera No. 2

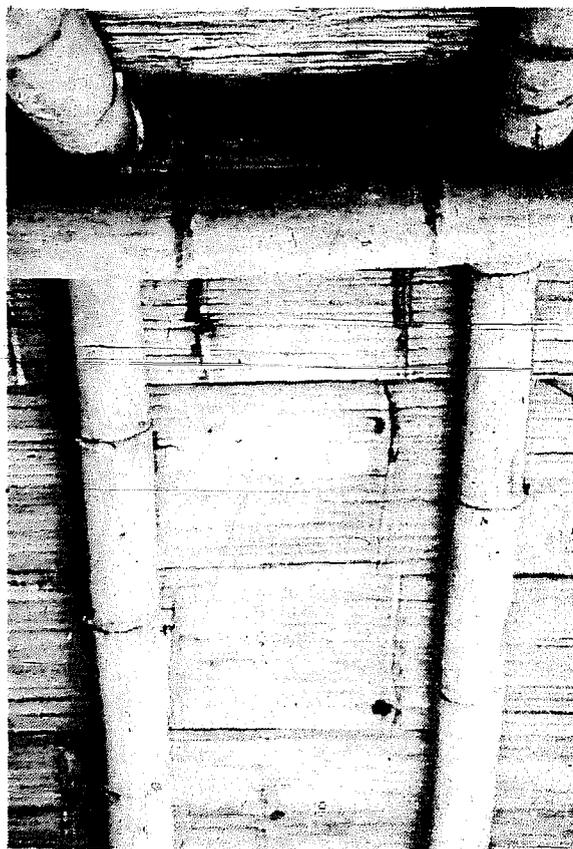
Soporte No. 1

DETALLE B

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 utilizando la guadua, es necesario hacer en las viguetas No. 10 un empalme diagonal que por su forma sólo se ajusta a los cabios colocando estas piezas de abajo hacia arriba, lo que no se puede lograr si las vigas No. 11 están ya colocadas.

2. Una vez puestas las viguetas se colocan las dos vigas No. 11 de 6.50 metros de longitud total, obtenidas de guaduas muy gruesas. Estas vigas se colocan por debajo de las viguetas lo más arrimadas posible contra los cabios, de los cuales se amarra. Debe observarse que el extremo de las viguetas No. 10



monten sobre la viga. Si ello no se logra, indica que las viguetas han sido mal cortadas.

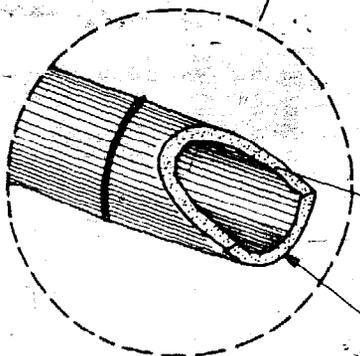
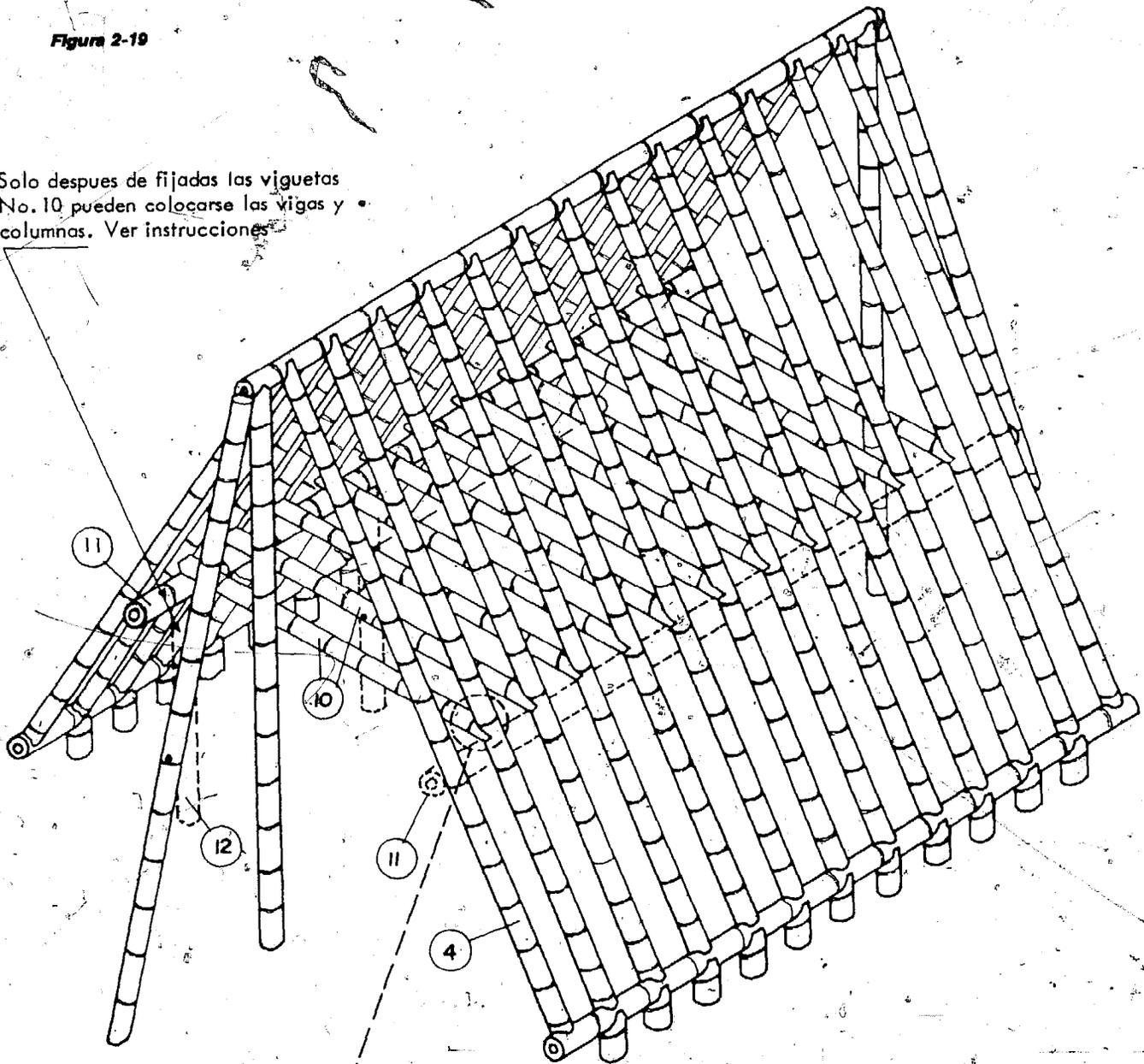
3. Como puede verse en el dibujo 3 a cada lado se colocan 4 columnas No. 12, dos de las cuales deben quedar en el centro y 2 en los puntos correspondientes a las paredes laterales. En estos sitios se coloca una plomada por debajo del centro de la viga y se localiza sobre el suelo el centro donde debe enterrarse su extremo inferior. La excavación debe hacerse con una profundidad no menor de 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 aseguradas las columnas y las vigas No. 11 con puntilla y alambre, se aseguran con alambre todos los cabios 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 delgados 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 flectan 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.

Figura 2-18. En la parte superior de la figura se observan dos entresuelos o viguetas que se unen a los cabios que se ven debajo de la viga No. 11. Los entresuelos deben nivelarse 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 lo contrario 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 ya que si esta es mayor puede flectar la viga al introducirse, desnivelando el resto de los entresuelos.

Figura 2-19

Solo despues de fijadas las viguetas No. 10 pueden colocarse las vigas y columnas. Ver instrucciones



Empalme de la vigueta No. 10

Lado inferior

En lo posible las viguetas No. 10 deben tener el mismo diametro o grosor, y deben nivelarse por su lado superior, con el fin de que el piso quede a nivel.

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 de la guadua, a la cual se le ha removido previamente la parte blanda interior, operación que se denomina "ripiada".

2. En el esterillado del entrepiso se emplean aproximadamente 11 esterillas, con una longitud de 5.20 metros aproximadamente. En el caso de que sólo se disponga de esterilla de 4 metros; la unión debe hacerse en la zona 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 ó 2½ pulgadas colocadas a distancia de 5 a 7 centímetros uniendo sus ca-

bezas 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.

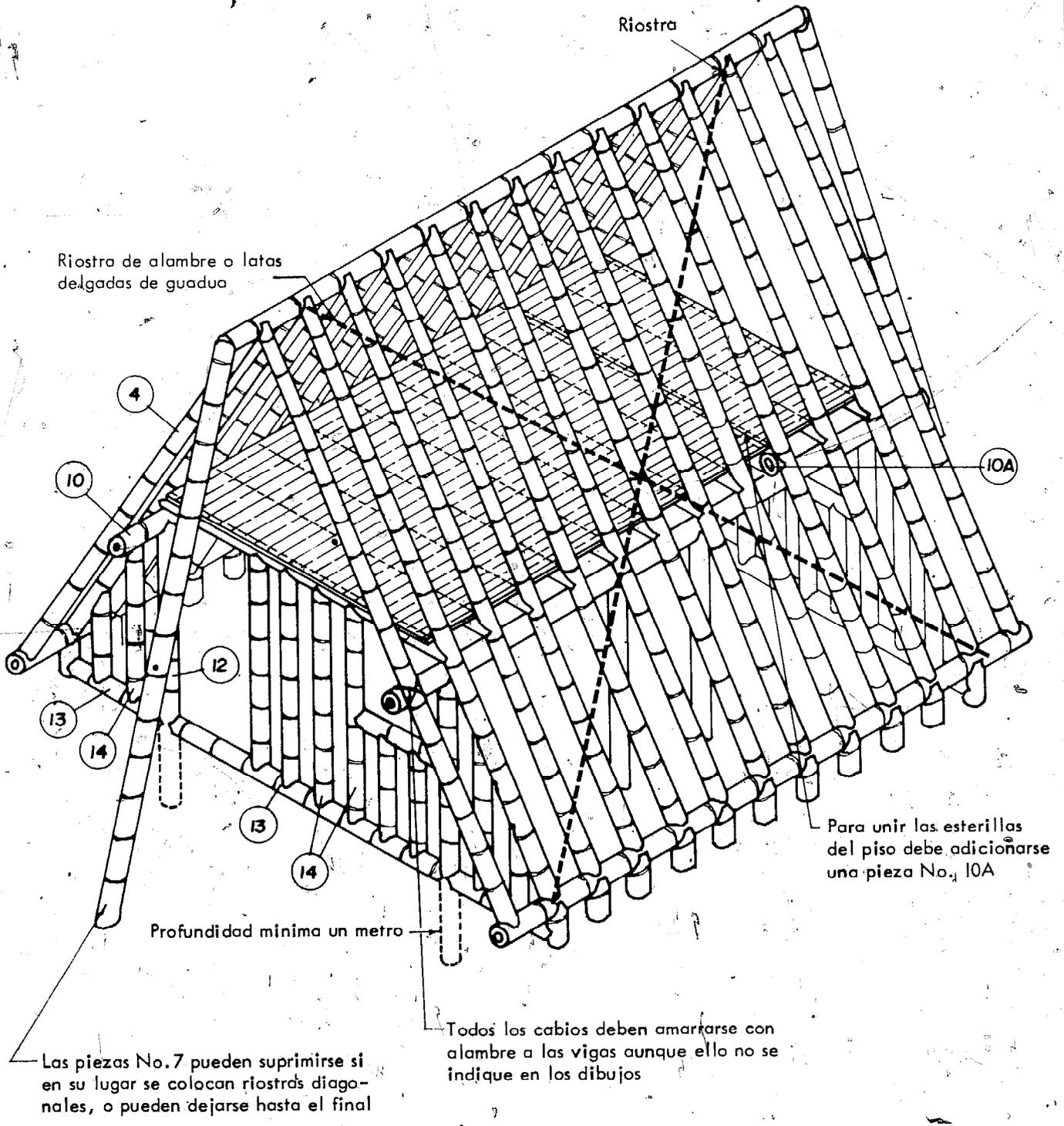
3. Las paredes laterales pueden construirse de bahareque o de barro embutido. En cualquiera de los dos sistemas que se utilice, los parales No. 14 se colocan con una separación entre centros de 30 ó 35 centímetros. Estos parales se fijan a una solera inferior No. 13 que se coloca previamente sobre el suelo entre las piezas No. 11 y No. 12 y entre las dos piezas No. 12.

4. Las dos fachadas del beneficiadero 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.



Figura 2-20. Piso de esterilla del entrepiso. 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.

Figura 2-21.



Etapa No. 10 — Relleno y Colocación del Piso de Esterilla sobre Tierra, Construcción del Canal

1. El nivel del piso interior del beneficiadero debe estar por encima del nivel del exterior al menos 15 centímetros. Este nivel se obtiene haciendo un relleno utilizando para ello tierra amarilla. En ningún caso debe emplearse tierra negra.

2. Antes de hacer el relleno debe colocarse un marco interior formado por 4 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. Colocado 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

unos 12 centímetros. Luego se humedece con un poco de agua y se compacta con un pisón de mano.

Para la capa final se procede en igual forma, pero antes de compactarlas 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 del beneficiadero, o fuera de él 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 del beneficiadero.

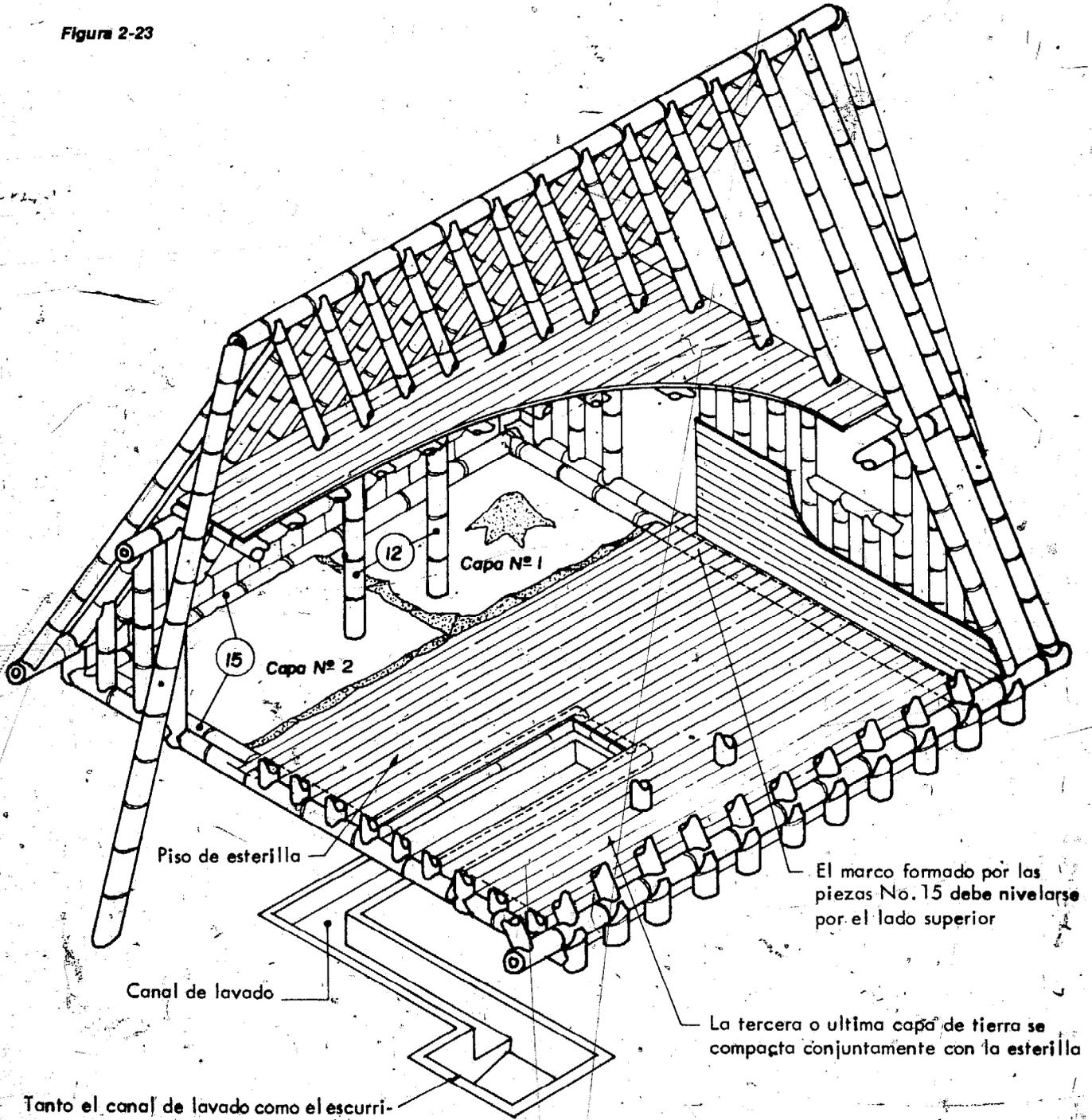
Figura 2-22. Construcción del canal de lavado. El canal puede construirse con esterilla clavada sobre una armazón de guadua que se entierra previamente, recubierta de asfalto, o también, utilizando la técnica del bambú-cemento que se indica en otra parte de esta publicación. En este caso, que es el más recomendable, las paredes y el fondo del canal se tejen con cintas de guadua y luego se recubren con mortero de cemento en la forma como lo explica dicho capítulo.



5. El canal puede construirse en dos formas: La primera consiste en utilizar el método de construcción de los tanques, que se indica en otra parte de esta publicación, o sea haciendo primero la canal tejida con cintas de guadua y recubriéndola luego con mortero de

cemento. La segunda consiste en utilizar esterilla de guadua clavada a una armazón de guadua en forma de "C" que se coloca dentro de la excavación una vez impregnada con asfalto.

Figura 2-23



Tanto el canal de lavado como el escurridor pueden construirse en esterilla de guadua recubierta con mortero o en guadua-cemento. Ver instrucciones

El marco formado por las piezas No. 15 debe nivelarse por el lado superior

La tercera o ultima capa de tierra se compacta conjuntamente con la esterilla

Etapa No. 11 — Esterillado de los Muros y Construcción de la Tolva

1. Terminado el piso, se procede a construir los muros de bahareque, 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 parales con puntilla de 2 pulgadas colocadas a 6 centímetros 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 guadua de 2 centímetros de ancho que se clava con puntilla de 2 pulgadas cada 8 ó 10 centímetros.

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 cabios colocados en la 2a. y 5a. posi-

ción. (ver plantas). A 80 centímetros sobre el nivel del piso se construye un marco de guadua formado por cuatro piezas No. 17 colocado sobre parales cortos que descansan sobre las piezas No. 16. Las paredes inclinadas de la tolva se construyen también en esterilla clavada sobre secciones de guadua que unen los vértices del marco formado por las piezas No. 17 con los del marco hecho con tablas de madera que rodea la salida de la tolva.

3. En el lugar donde entrega la escalera, en el 2o. piso, se colocan dos parales No. 19, separados 80 centímetros, que sirven de soporte al pasamanos No. 20. La parte superior del pasamanos debe quedar a una altura sobre el piso de 90 centímetros.



Figura 2-24. 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.



Figura 2.25. Además de las piezas indicadas en la figura anterior deben colocarse piezas intermedias horizontales sobre las cuales se asegura la esterilla.

Figura 2.26.

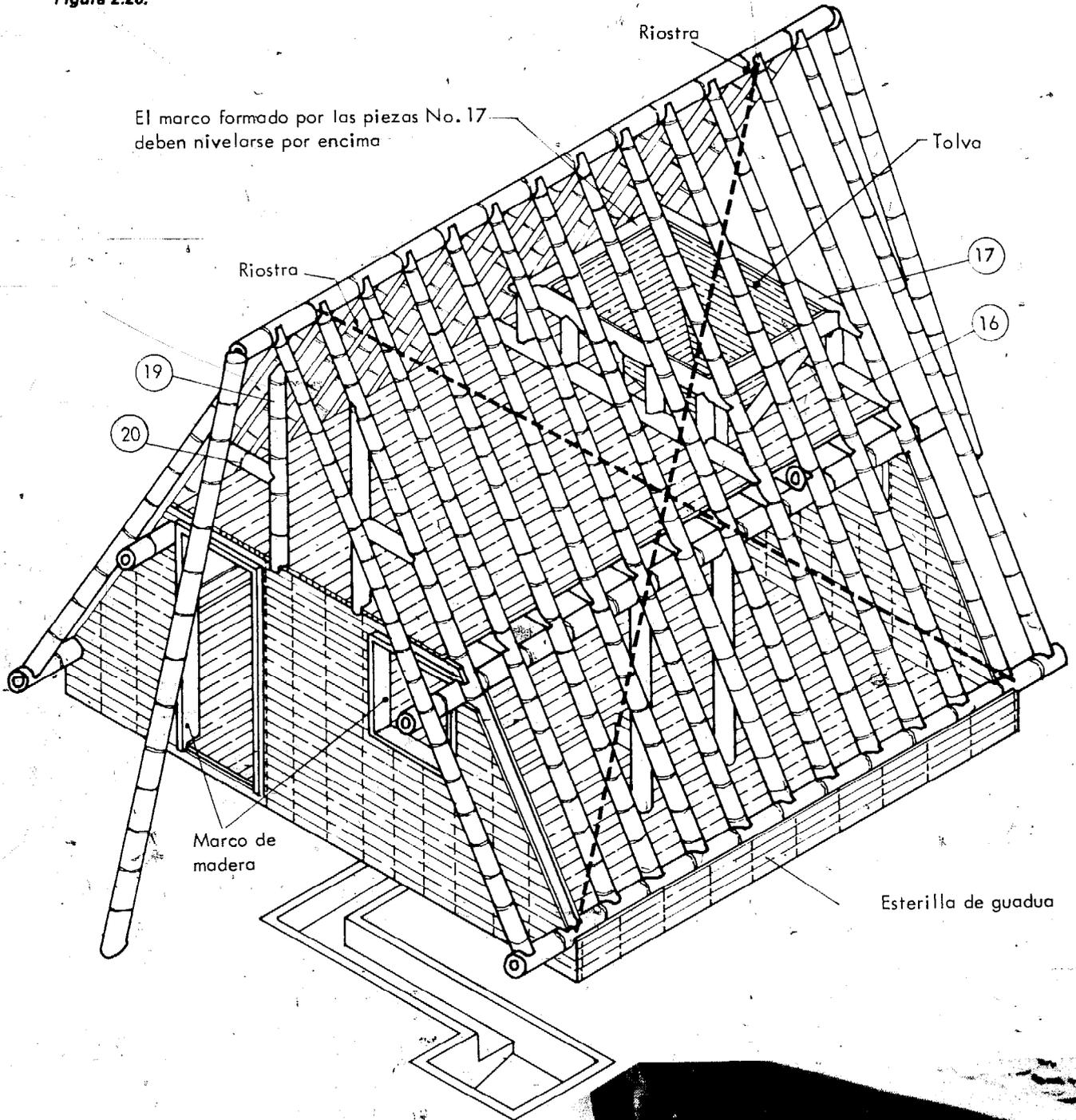


Figura 2-27. El escurrido puede construirse con esterilla en la forma como se indica en la figura o utilizando la técnica del bambú-cemento que se indica en otra parte de esta publicación.



Etapa No. 12 — Construcción de la Escalera y Esterillado del Techo

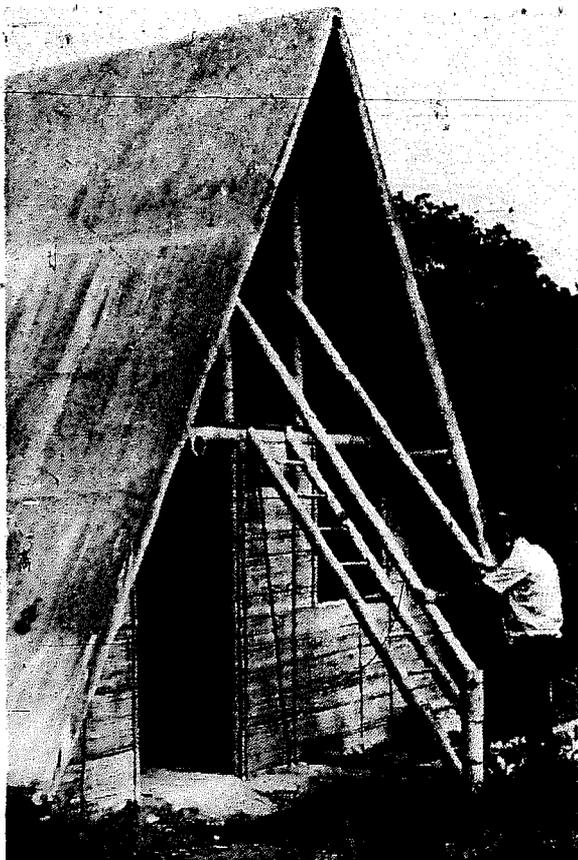
1. La escalera debe ser lo suficientemente fuerte para soportar el peso de dos personas cargadas con bultos de café. Por ello debe construirse con 2 piezas No. 21, obtenidas de la parte basal o inferior de dos guaduas muy gruesas, que permitan la colocación de peldaños anchos hechos con latas dobles obtenidas también de la parte basal de la guadua. Si no se dispone de guaduas gruesas, debe construirse una escalera doble formada por 4 piezas No. 21.

Para construir 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 guadua que vaya desde el suelo, al nivel de la base de la escalera, hasta el nivel superior del piso de esterilla.

La longitud de la vareta se divide en 10 espacios iguales. Después, con ayuda de la manguera de tomar niveles, se pasan estas alturas que corresponden al nivel superior de los peldaños a las guaduas colocadas inclinadas, por el lado donde se colocan los peldaños. Luego se quitan las guaduas No. 21, se abren los huecos del nivel indicado hacia abajo y se colocan los peldaños de guadua fijándose de nuevo en la posición inicial y asegurándose definitivamente con puntilla de 3". Las piezas No. 22 que sirven de soporte al pasamanos se entierran por lo menos 1 metro. La altura de la parte superior de la tabla

Figuras 2-28 y 2-29. Detalles de la construcción de la escalera.

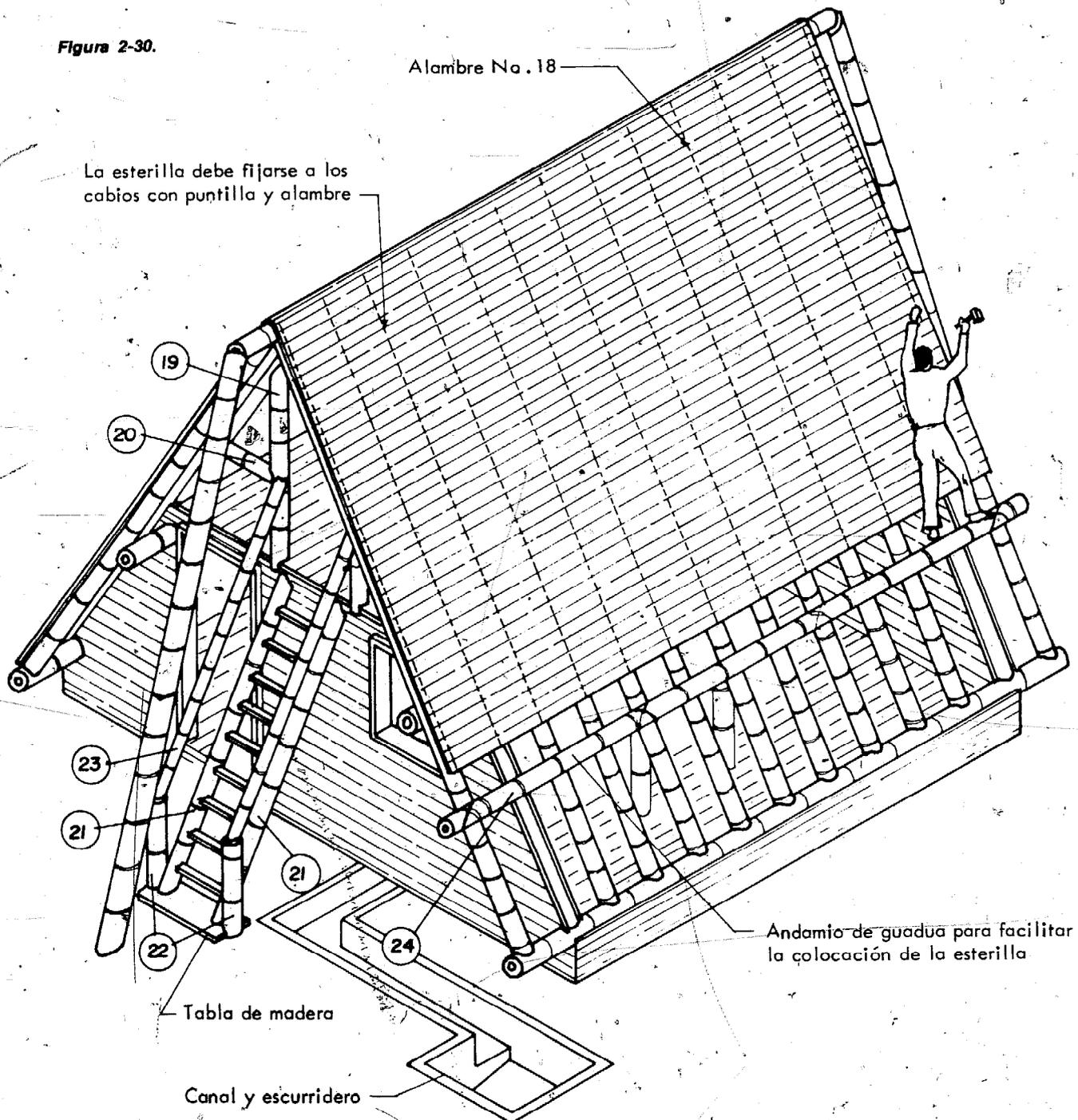


del piso, a la parte superior del pasamanos debe ser de 90 centímetros.

Las piezas No. 23, empleadas como pasamanos, se fijan con puntillas y alambre a los postes No. 19, a una altura de 90 centímetros. El extremo inferior de los pasamanos se introducen en el extremo superior de los soportes No. 22, como se indica en la figura.

Finalmente se quitan las riostras No. 6 (si es que se han dejado hasta el final) y se recortan los sobrantes de las vigas, soleras y cumbrera, en tal forma que queden casi a ras de la cara exterior de los cabios.

Figura 2-30.



Etapa No. 13 — Construcción de la Cubierta del Beneficiadero

1. Como cubierta del beneficiadero pueden emplearse diversos tipos de materiales desde los más económicos hasta los más costosos, como son entre otros los siguientes:

Económicos: 1.- Hojas de palma, 2.- Tallos de arroz, 3.- Tejas de guadua partida longitudinalmente en dos secciones, 4.- Tejamaniles o tablas cortas de madera, 5.- Mortero de cemento, 6.- Tierra estabilizada con cemento, 7.- Una capa de tela asfáltica pegada con asfalto, 8.- Un plástico transparente fijado con cintas de guadua no clavadas. De las anteriores, las 4 primeras requieren de correas o cintas de guadua que se clavan perpendiculares a los cabios a una distancia determinada por el material que se utilice. La 4 restantes se colocan sobre un esterillado como el que se muestra en la etapa 12.

Costosos: 1.- Tejas de eternit, o Colombit,

2.- Tejas de Ziñc, 3.- Tejas de aluminio, 4.- Tejas de plástico transparente. Todas estas tejas se fijan a correas de madera que se colocan perpendicularmente a los cabios a distancias indicadas por los fabricantes.

2. En la estructura experimental se utilizó una capa de mortero de cemento colocada sobre un esterillado de guadua, clavado a los cabios de la misma manera como se fija la esterilla a los parales, cuando se construyen paredes de bahareque.

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.

3. Las canales de guadua se colocan una vez terminado el esterillado y antes de aplicar la capa de mortero.

Figura 2-31. Vista exterior del beneficiadero. Como cubierta se utilizó una capa de mortero en proporción 1:2.

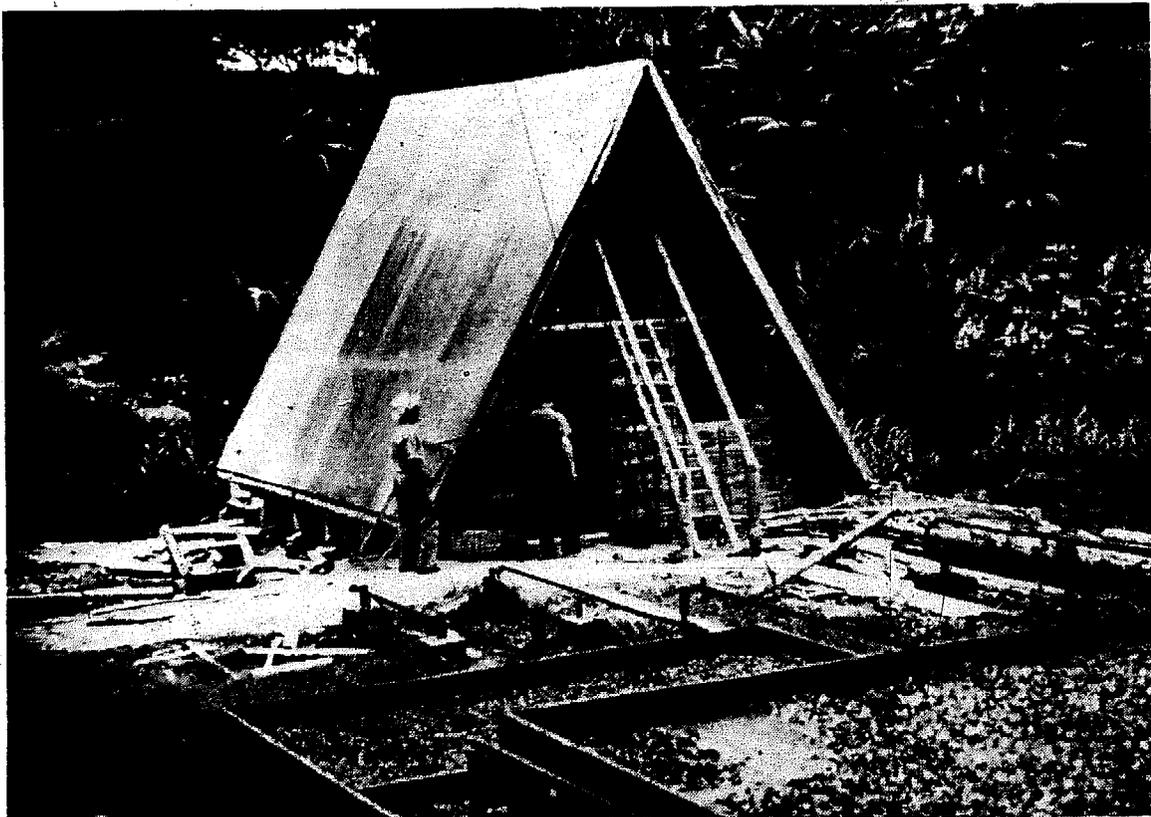
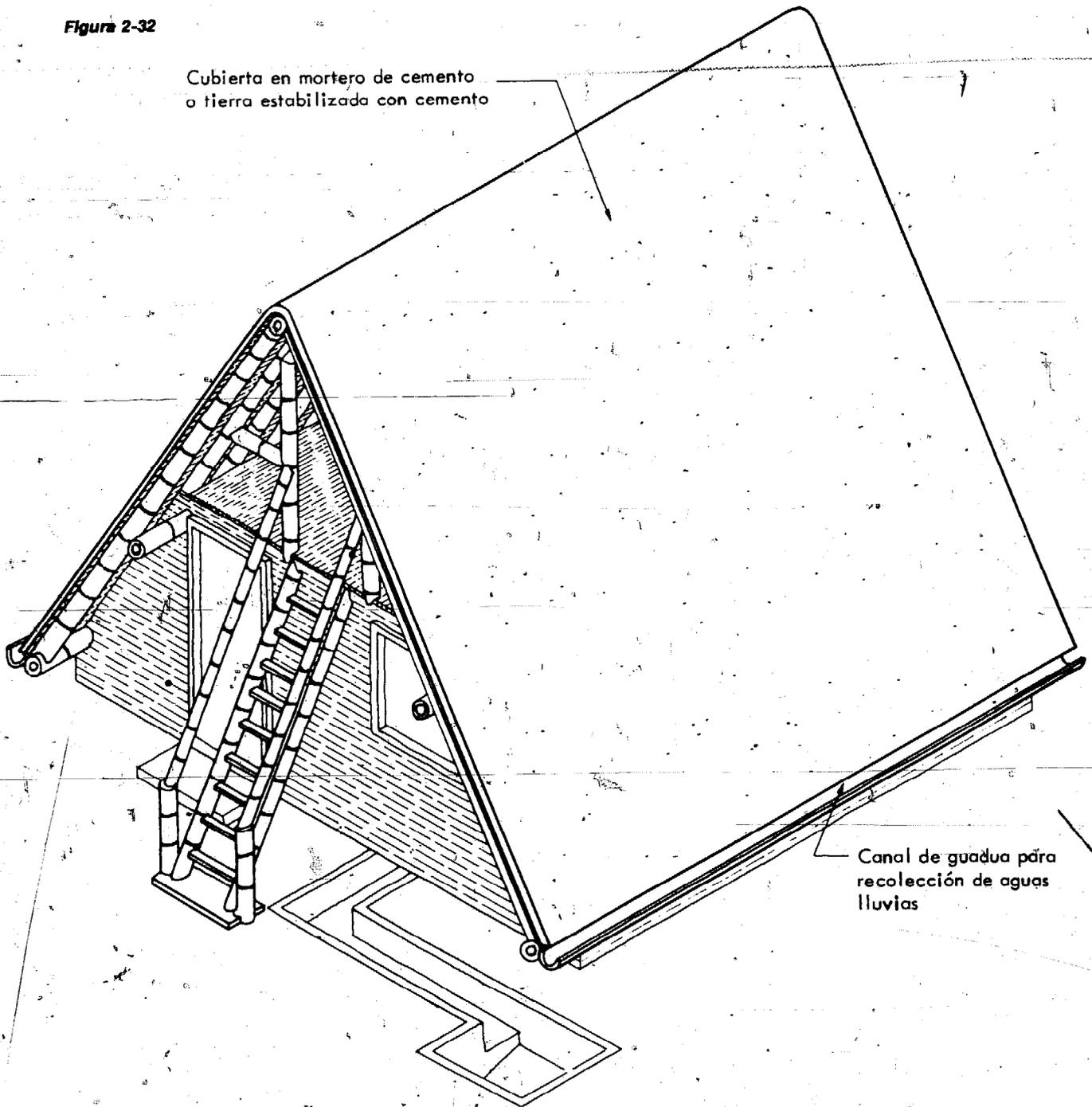


Figura 2-32

Cubierta en mortero de cemento
o tierra estabilizada con cemento



APLICACION DE LA ESTRUCTURA TIPO "A" PARA VIVIENDA CAMPESINA

Como se anotó anteriormente, la mayor aplicación que hasta ahora se le ha dado a las estructuras tipo "A" de madera, ha sido en la construcción de cabañas o pequeñas casas de campo. Sin embargo, en algunos lugares como en las Islas Madeira, de Portugal, son muy utilizadas en viviendas campesinas. Como es posible que en Colombia pueda dársele esta aplicación, dado su bajo costo y fácil construcción en bambú, se indica a continuación un esquema de una vivienda campesina para 6 personas adaptada a una estructura tipo "A" de igual ancho que la del beneficiado pero 2 metros más larga.

En las plantas puede tomarse como referencia para la localización de los muros, la distancia entre los cabios, la cual es de 50 centímetros entre centros. En los muros sólo se indica la posición de las guaduas más importantes estructuralmente, pero no las correspondientes a la construcción de los muros las cuales deben colocarse con una distancia no menor de 30 centímetros ni mayor de 40.



Figura 2-33. Vivienda campesina en las Islas Madeira, Portugal. (El diseño de vivienda que se indica a continuación, no corresponde a esta vivienda).

Corte Transversal A - A

Figura 2-34

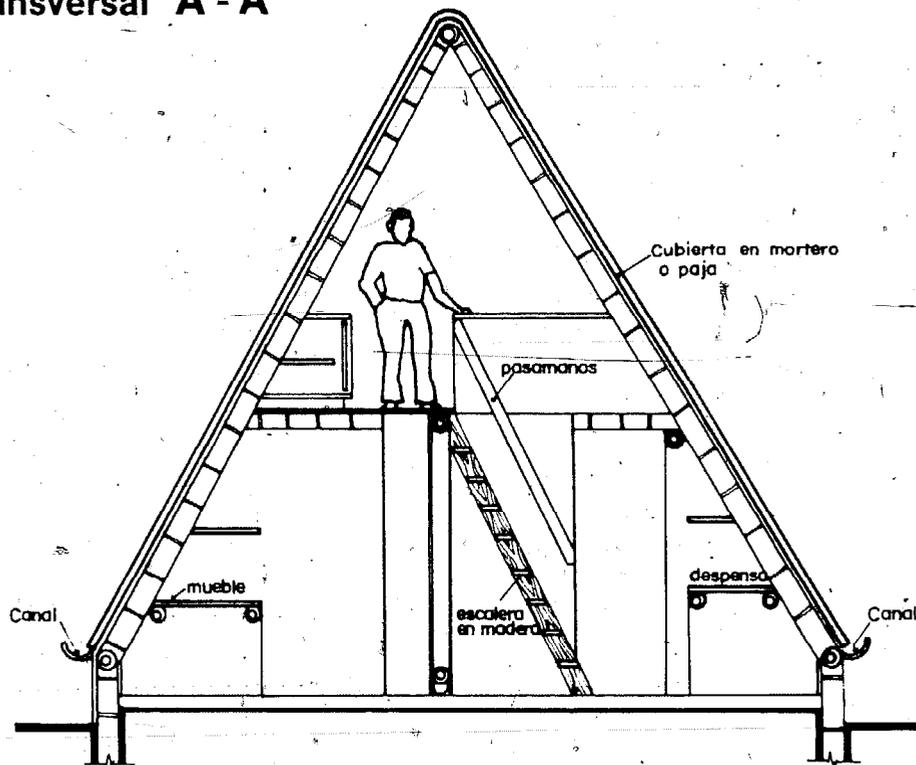
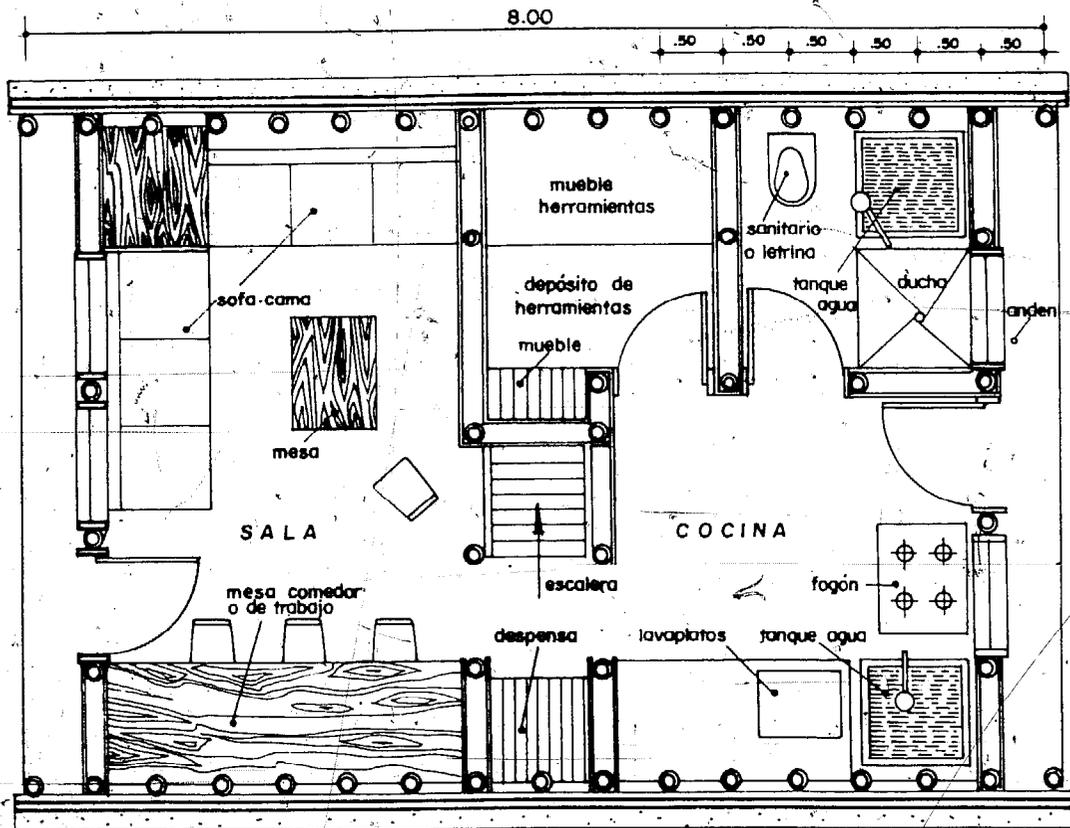
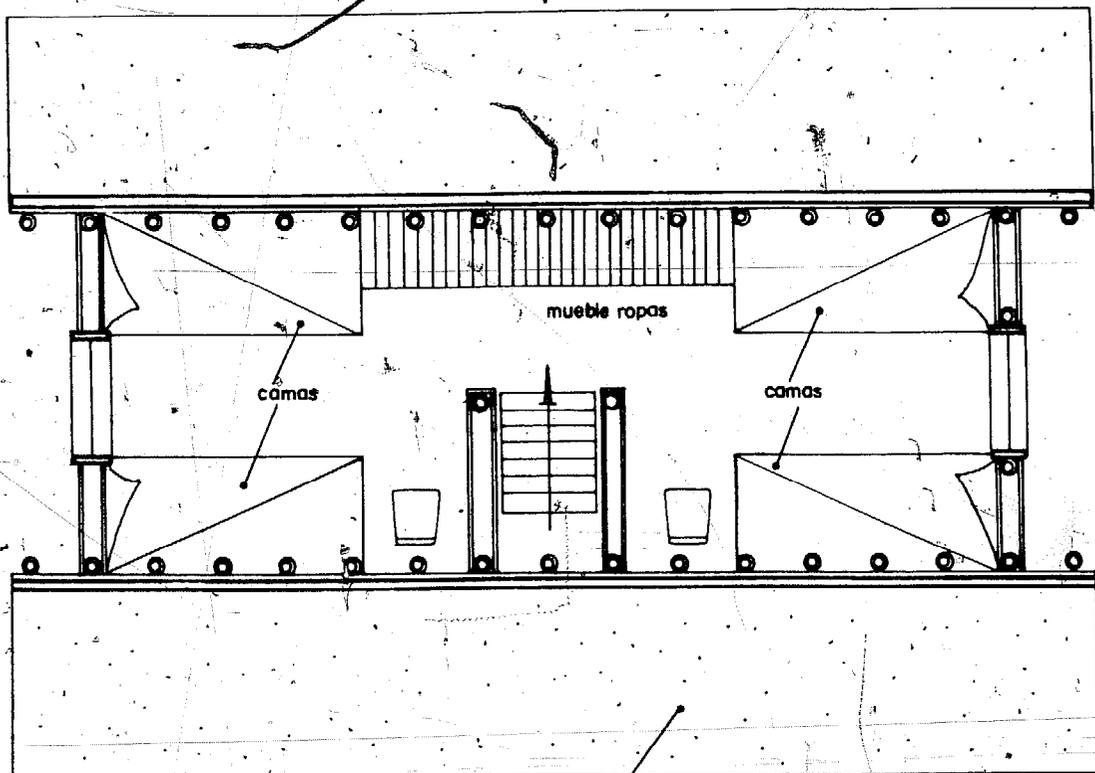


Figura 2-35

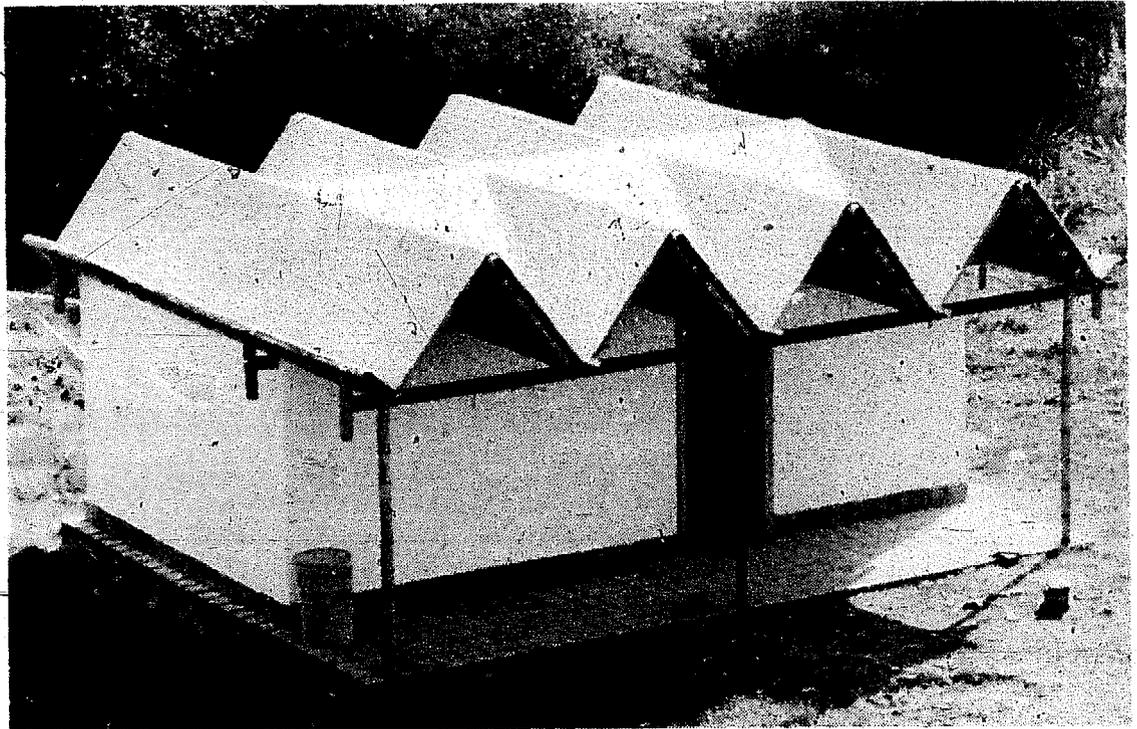


Primera Planta

Figura 2-36



Segunda Planta



**Armaduras tridimensionales
para techos**

3

INTRODUCCION

Con el fin de que las comunidades campesinas puedan construir a un bajo costo y por el sistema de autoconstrucción o de ayuda mutua, sus viviendas, escuelas y talleres, así como también establos, galpones para aves y otras instalaciones necesarias para mejorar la producción de sus fincas o parcelas; el Centro de Investigación del Bambú ha estudiado y experimentado un nuevo tipo de techo compuesto de varias armaduras tridimensionales hechas de guadua, que permiten cubrir luces relativamente grandes.

Estas armaduras, 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 montarse sobre una estructura portante formada por columnas y vigas de madera y/o bambú, o por muros de ladrillo, lo cual permite construir o cubrir cualquier tipo de edificación modular con un mínimo de costo y de tiempo.

Este tipo de techo, 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 en la construcción de un modelo de aula-taller para escuelas rurales, en la cual se utilizaron 4 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.

Los fondos para esta investigación, así como para la compra de algunas herramientas para el Centro de Investigación del Bambú fueron obtenidos de la Secretaría de Integración Popular de la Presidencia de la República.

LA ESTRUCTURA EXPERIMENTAL

El sistema de construcción de techos con armaduras tridimensionales prefabricadas de bambú que se describe en este capítulo, fue diseñado por el autor y experimentado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira, donde se utilizó en la construcción de un modelo de aula para escuelas rurales, de 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 un área total 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 sobretecho de dos aguas con el fin de que las dos limahoyas formadas llevaran el agua de las lluvias al 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 del Valle del Cauca.

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 y a las dimensiones que se indican más adelante.

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 los 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 requieren para cubrir una determinada área, ya sea antes o al mismo tiempo que se construye la estructura portante sobre la cual se colocan posteriormente. En esta forma, no sólo se reduce el peligro de accidentes que se corre en la armadura de techos elevados, sino que la construcción puede hacerse en un mínimo de tiempo, de acuerdo al número de obreros que se contraten para construir separadamente y a un mismo tiempo las armaduras y la estructura por-

tante, como para hacer su montaje posterior.

- Debido a la rigidez y liviandad de las armaduras de bambú, éstas pueden prefabricarse en lugares distintos al de la obra, donde exista mayor comodidad o disponibilidad de obreros y de materiales, para luego ser transportadas al lugar donde se hace o se hará la construcción ya sea a mano, en mulas, en carretas, o en camiones.
- La construcción de las armaduras es tan sencilla que puede ser realizada por el mismo campesino o por acción comunal sin necesidad de contratar constructores o carpinteros especializados.
- Su costo resulta muy bajo particularmente en las zonas rurales donde por lo general hay disponibilidad del material y las dis-

tancias de transporte son relativamente cortas. Por otra parte no requiere del cielo raso que comúnmente se emplea en los techos de 2 y 4 aguas.

- Las armaduras son fácilmente desmontables y por ello pueden ser utilizadas repetidamente en construcciones temporales.
- Debido a su forma permiten una mayor iluminación y ventilación de los espacios interiores que cubren, por esta razón se recomiendan para la construcción de escuelas rurales.

- Las armaduras tridimensionales son apropiadas para construcciones antisísmicas debido a la resistencia y flexibilidad del bambú como a la rigidez que le imparte su forma triangular.

- Además de su aplicación en la construcción de escuelas, viviendas y otras instalaciones de uso rural, las armaduras tridimensionales son muy apropiadas para la construcción de albergues e instalaciones hospitalarias de emergencia, en casos de desastres producidos por terremotos, inundaciones, etc.

NORMAS DE CONSTRUCCION

- 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.

- 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 guadua para ser llevadas al lugar donde se construirán las armaduras, deben cortarse de 1.80 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 centímetros, 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 guaduas 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 No. 2 de construcción del beneficiadero de 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.

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

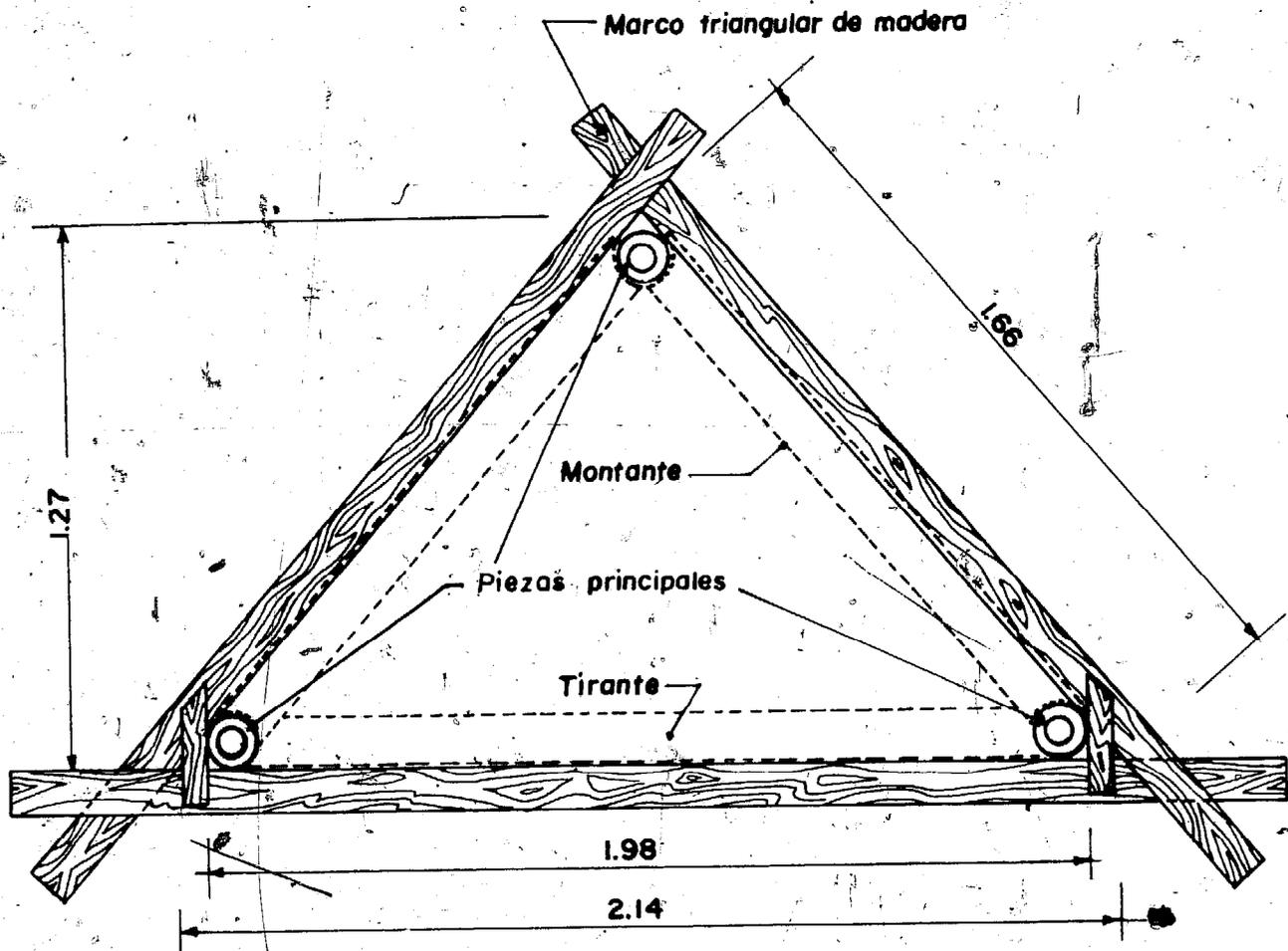


Figura 3-1. Distribución de las diferentes piezas de la armadura, dentro del marco triangular de madera.

de madera aserrada, formados por tres piezas de 10 centímetros de ancho por 5 de espesor, que se ensamblan entre sí por medio de empalmes de media madera en caja, formando un 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 desarmarse fácilmente, una vez terminada la armadura.
- Para evitar que la armadura quede más ancha en un extremo que en el 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 a manera de pletina, 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 pletinas 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 la guadua.

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 ambos lados se colocan otras cuatro, con una separación de un metro hasta completar 9 en total. Estas marcas corresponden al centro de la unión de los montantes con las 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 estorbarían su colocación.

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 soportes. Hecho lo anterior se colocan los triángulos en las marcas respectivas de las dos piezas inferiores principales y se amarran una vez que éstas se arrimen contra las pletinas, haciendo coincidir las marcas con el borde exterior de la base del triángulo. Después de asegurados, los marcos se ploman para

que queden verticales y se asegura uno de otro con riostras de madera colocadas diagonalmente entre ellos, 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 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 e inferior en cada una de las marcas respectivas. Esta medida debe tomarse con una cinta de guadua 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 de dejar en sus extremos un nudo muy próximo al empalme. Estas piezas se aseguran a las principales con puntilla de 3 pulgadas y con dos amarras hechas con alambre No. 12 que se pasan de un lado a otro por una perforación hecha con un taladro sobre el nudo que se

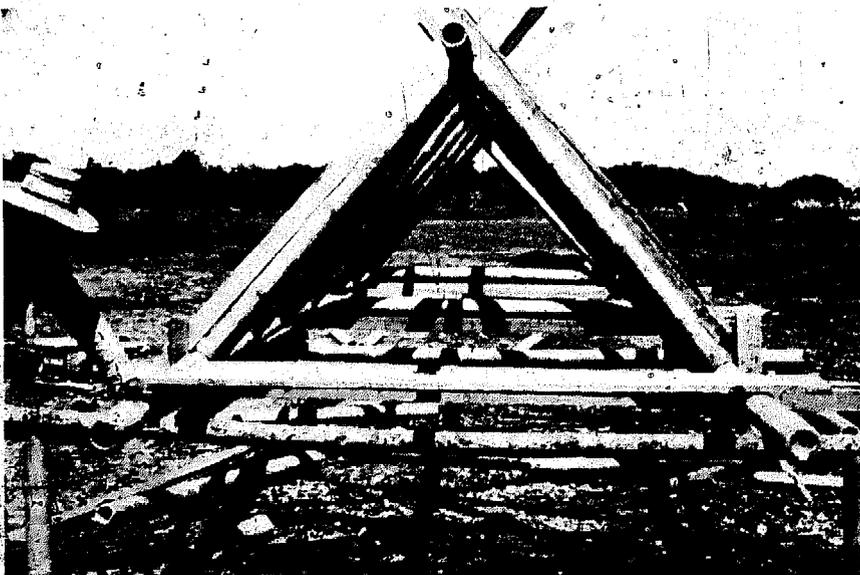


Figura 3-2. Construcción de la armadura sobre soportes horizontales.

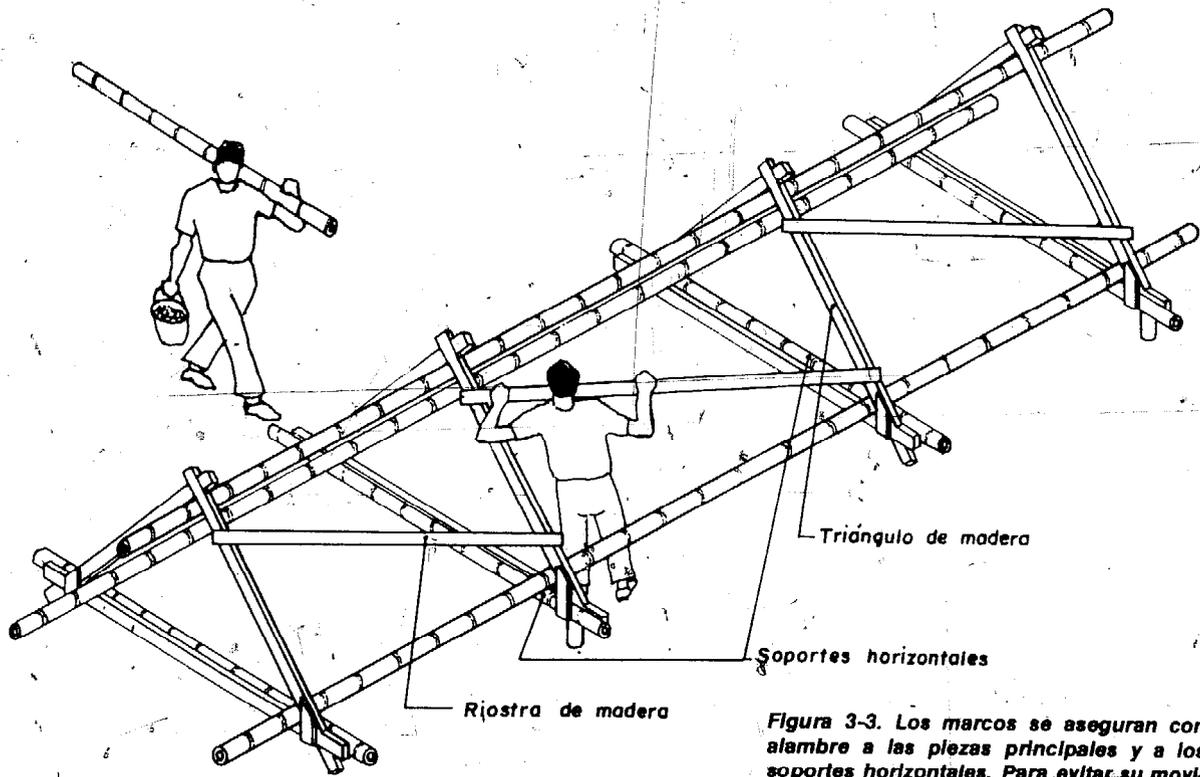
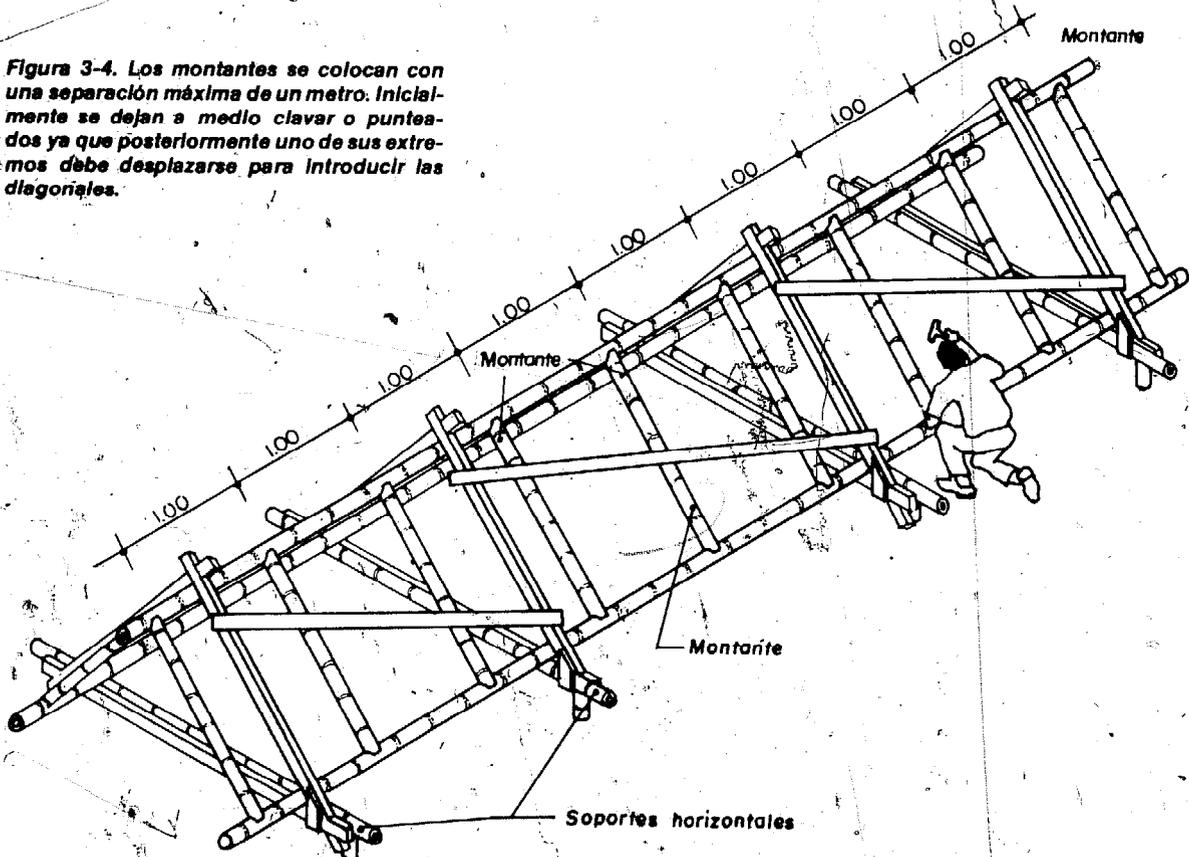


Figura 3-3. Los marcos se aseguran con alambre a las piezas principales y a los soportes horizontales. Para evitar su movimiento o bamboleo, se unen entre sí con riostras que se colocan a lado y lado en la forma indicada.

Figura 3-4. Los montantes se colocan con una separación máxima de un metro. Inicialmente se dejan a medio clavar o punteados ya que posteriormente uno de sus extremos debe desplazarse para introducir las diagonales.



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 el diagonal inmediatamente anterior, debido a que es necesario desclavar el extremo superior o inferior del montante, según la posición del diagonal, para introducir éste y ajustarlo.

- El corte de los empalmes del diagonal con las piezas principales, debe hacerse con mucho cuidado y precisión para que tengan un ajuste perfecto. En un principio y mientras se adquiere alguna práctica es posible que algunos queden cortos, en este caso no deben utilizarse, sin embargo, no se pierden porque pueden emplearse para los diagonales secundarios que forman una cruz con los anteriores, los cuales sólo se emplean cuando la armadura se va a recubrir con esterilla de guadua.
- Los 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 uniéndose perpendicularmente las piezas principales inferiores, lo más cerca posible de la intersección de los montantes y diagonales con las piezas principales, a las cuales se une con un empalme de boca de pescado y amarrándose en la forma indicada para los montantes.
- Sólo una vez colocados los tirantes pueden quitarse los triángulos de madera, desarmándolos, de lo contrario se corre el peligro de que la armadura se abra de su base, por ello conviene colocar desde un principio algunos tirantes aunque sea provisionalmente en el caso de que no se conozca su localización exacta.

Soportes de la Cubierta

Si se utiliza como cubierta: tierra estabilizada con cemento, o una capa delgada de mortero de cemento, la armadura debe

Figura 3-5. Los diagonales deben cortarse a la medida exacta utilizando el empalme que se indica en la figura.

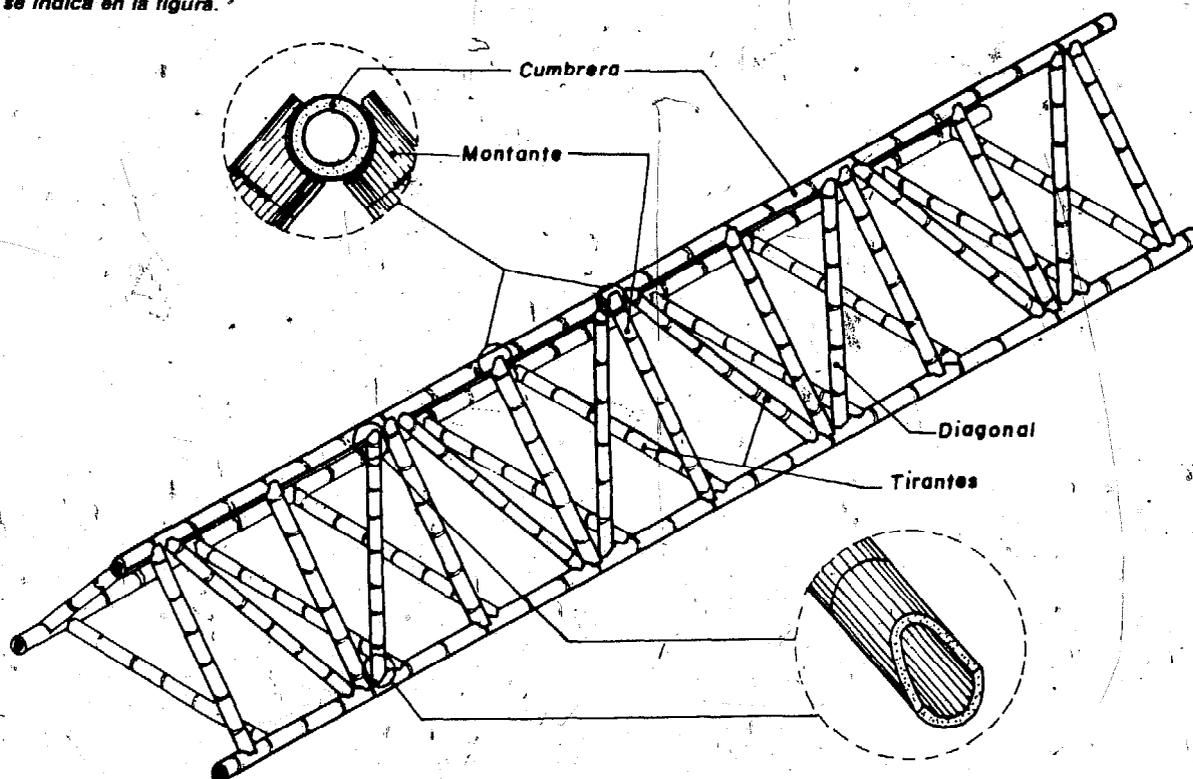
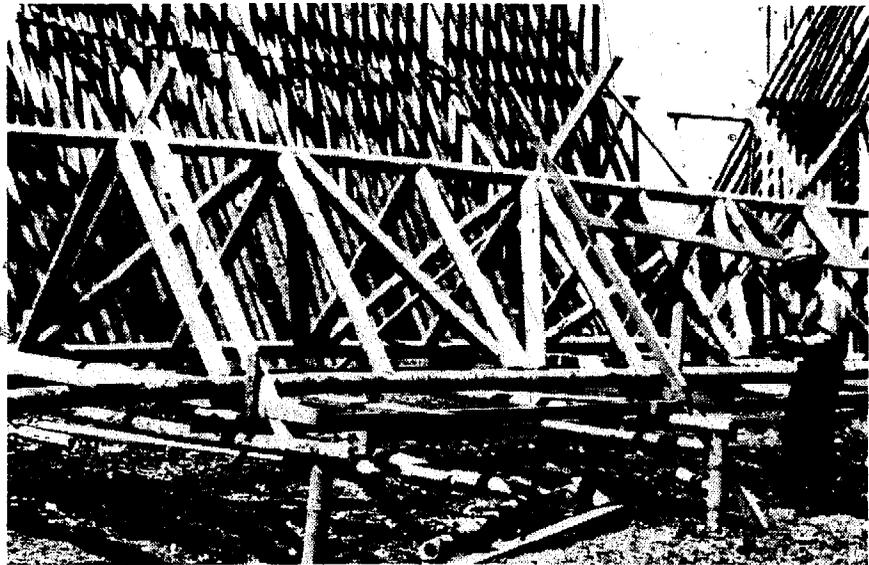


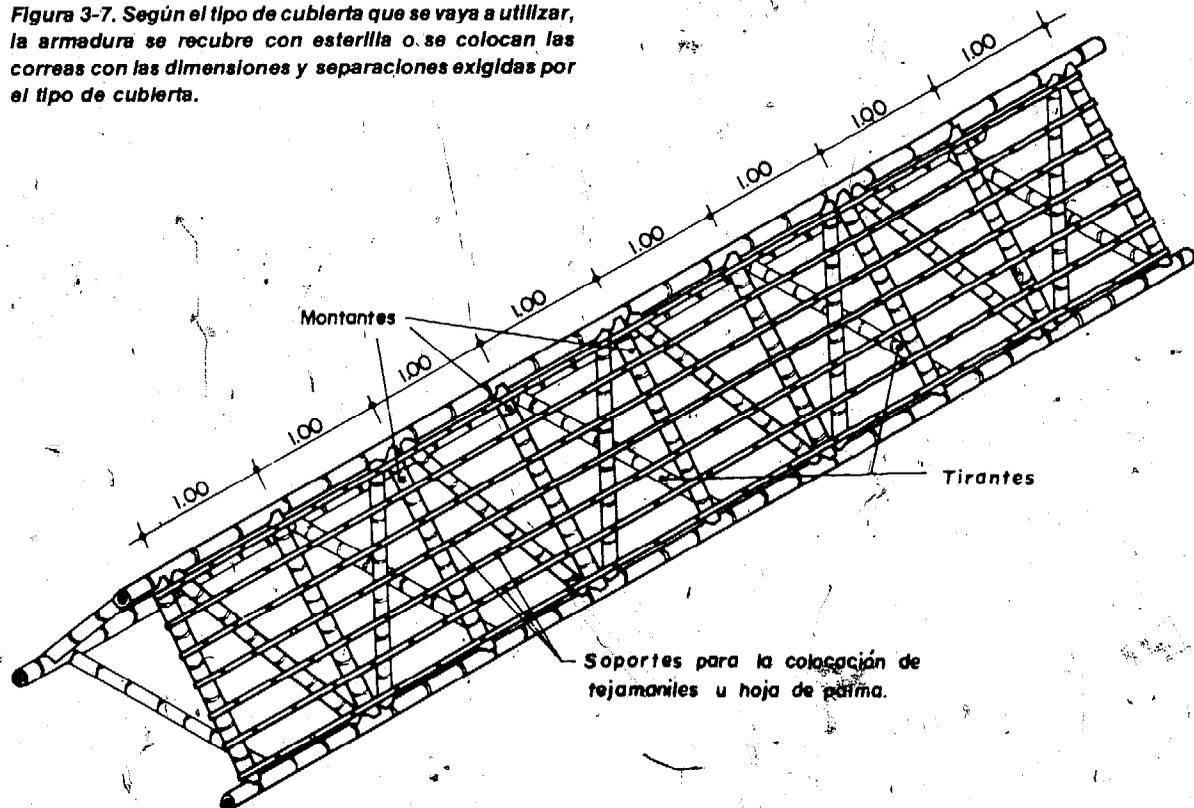
Figura 3-6. Asegurado de las piezas.



recubrirse con esterilla de guadua, la cual se asegura en la forma como se indica en la construcción del beneficiadero de café. Pero si se utilizan hojas de palma, tejamaniles, etc., en lugar de la esterilla se colocan listones de guadua o de madera paralelos a las piezas principales, con una separación de 25 a 30 centímetros según la dimensión de la hoja y de la teja de ma-

dera. En igual forma debe procederse si se va a cubrir con tejas de eternit, zinc o aluminio, en este caso la distancia de los listones deberá ser la indicada por el fabricante. Ya sea que se utilice esterilla de guadua o listones, estos deben dejarse salientes por lo menos 25 centímetros para luego ser recortados una vez colocadas todas las armaduras sobre la estructura.

Figura 3-7. Según el tipo de cubierta que se vaya a utilizar, la armadura se recubre con esterilla o se colocan las correas con las dimensiones y separaciones exigidas por el tipo de cubierta.



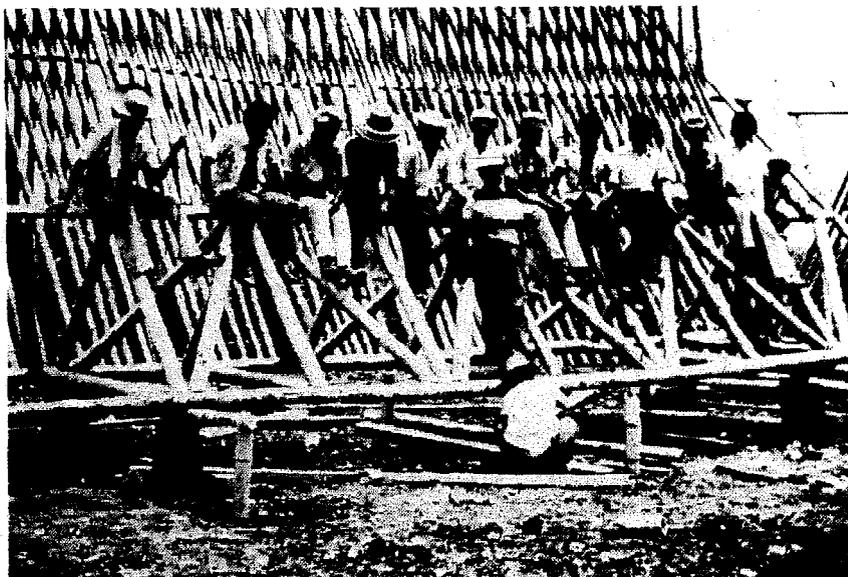


Figura 3-8. Ensayo de la primera armadura colocada entre soportes separados 6 metros.

La Estructura Portante

Terminadas las armaduras, se colocan y aseguran sobre una estructura formada por un mínimo de 3 vigas paralelas de madera o de bambú, con una luz o separación entre 2 de 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 nudos que forman los montantes y diagonales con las piezas principales inferiores.
- Se recomienda utilizar vigas de madera de 6 centímetros de ancho por 20 de altura. Al calcularse la longitud de las vigas de madera o de bambú, es muy importante tener en cuenta que éstas deben proyectarse entre 30 ó 40 centímetros por fuera de las columnas extremas, con el fin de que sirvan de soporte al alero de 40 centímetros de ancho o más, que se coloca inclinado en el lado externo de la primera y última armadura para formar la canal que sirve de protección a las fachadas laterales.
- Las columnas de bambú deben cortarse de la parte basal de tallos de máximo diámetro y espesor de pared, que tengan más de 3 años de edad y previamente curados, secados e inmunizados. En su extremo inferior debe dejarse un nudo con su respectivo tabique.
- Las columnas deben enterrarse hasta una profundidad de 1.20 metros o más en el caso de que a esta profundidad no se consiga un suelo resistente. La parte del bambú que va a permanecer bajo tierra debe impermeabilizarse con asfalto (190°) hasta una altura sobre el suelo de 30 centímetros. En el fondo de la excavación deben colocarse piedras apianadas grandes o una capa de balasto compactado. La separación de las columnas no debe ser mayor de dos 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 arriostrarse en todos los vértices externos en ambas direcciones y por dentro de los muros de bahareque o de embutido. Además la estructura completa debe arriostrarse con diagonales colocados en todas las direcciones para que no sufra daño alguno durante el montaje de las armaduras.

Montaje de las Armaduras

Las armaduras tridimensionales de bambú son livianas y rígidas lo cual 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 ayuda de cabrias o de grúas móviles como la utilizada para el montaje de las 4 armaduras de la estructura experimental, el cual se hizo en 40 minutos. El costo de alquiler de la grúa fue de \$900 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 esterilla de los aleros, la cual se deja saliente por lo menos 8 centímetros, así como también los extremos sobrantes de las piezas principales de las armaduras los cuales deben cortarse a ras de la esterilla. Finalmente se colocan los aleros de protección de las fachadas laterales.

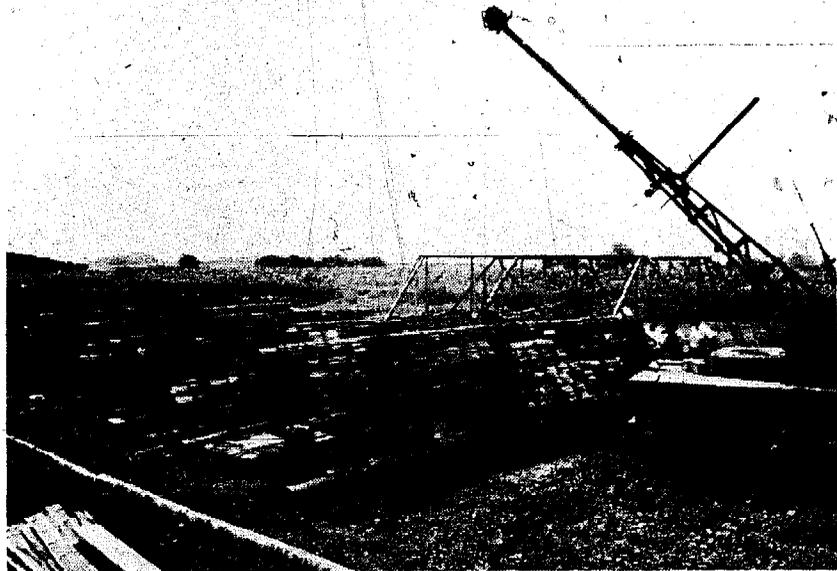


Figura 3-9. Antes de proceder al montaje, las armaduras deben colocarse en el suelo en sentido contrario al que van a tener una vez colocadas.

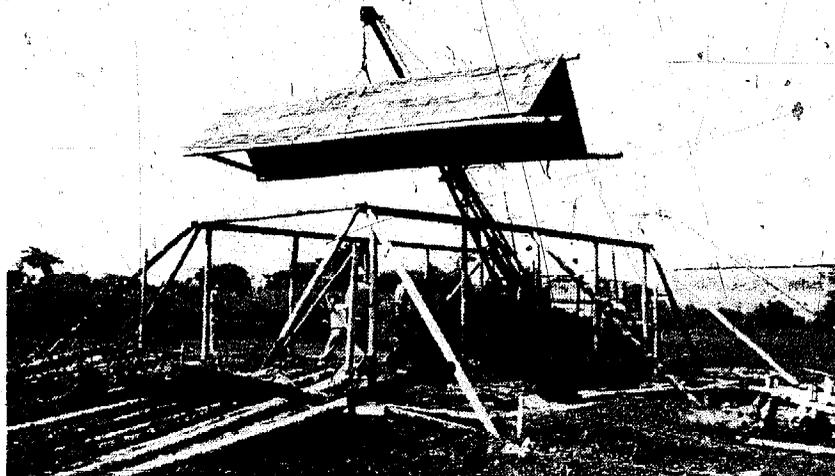


Figura 3-10. Colocación de la primera armadura. Nótese el arriostramiento horizontal y diagonal en la estructura portante.

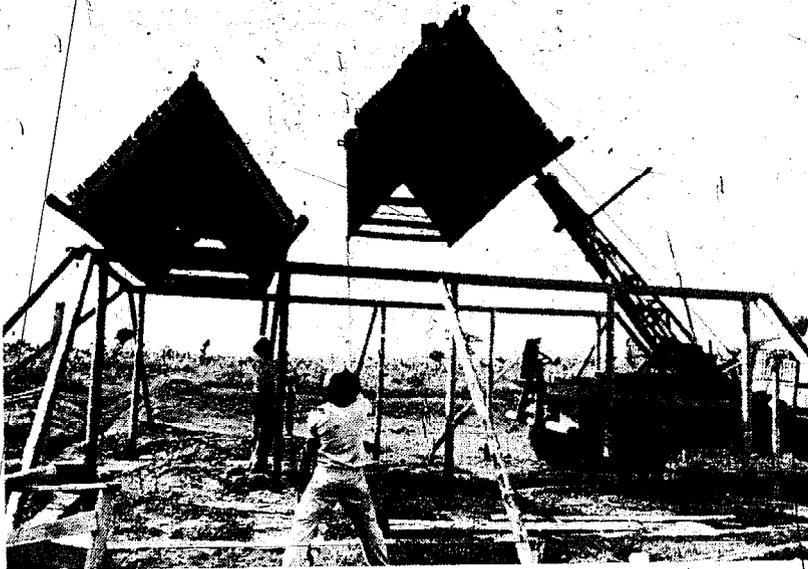


Figura 3-11. Colocación de la segunda armadura.



Figura 3-12. Colocación de la tercera armadura.

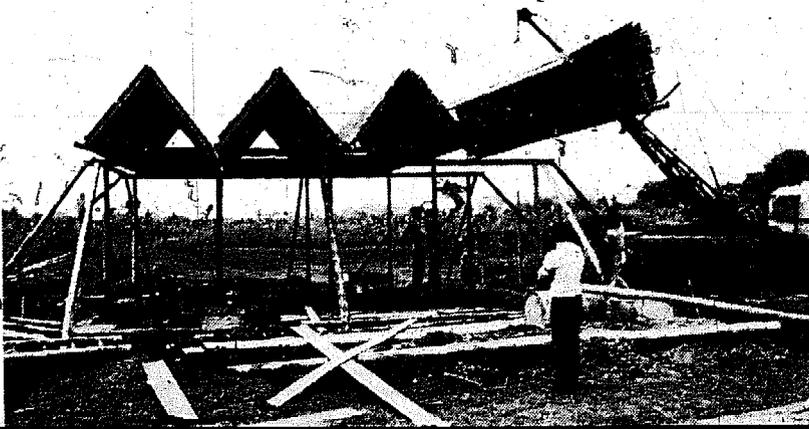


Figura 3-13. colocación de la cuarta armadura.



Figura 3-14. Las armaduras se amarran a las vigas principales con doble amarra de alambre No. 12.

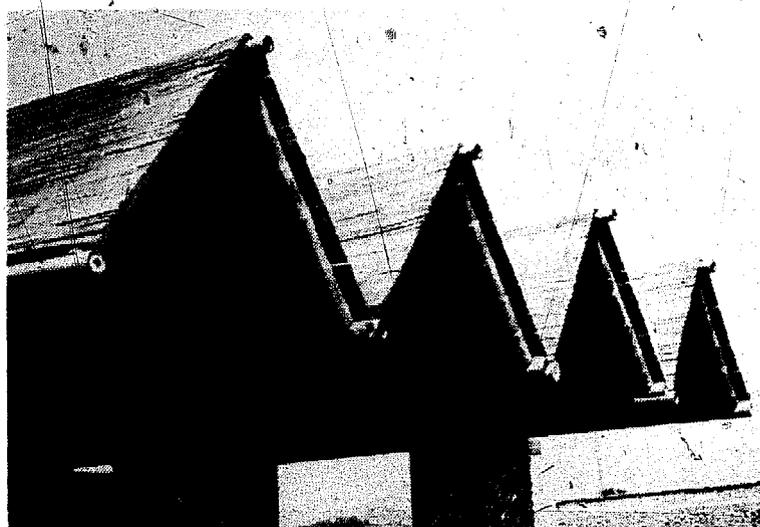


Figura 3-15. Una vez colocadas las armaduras, se procedió al recorte de los bordes de la estérilla.

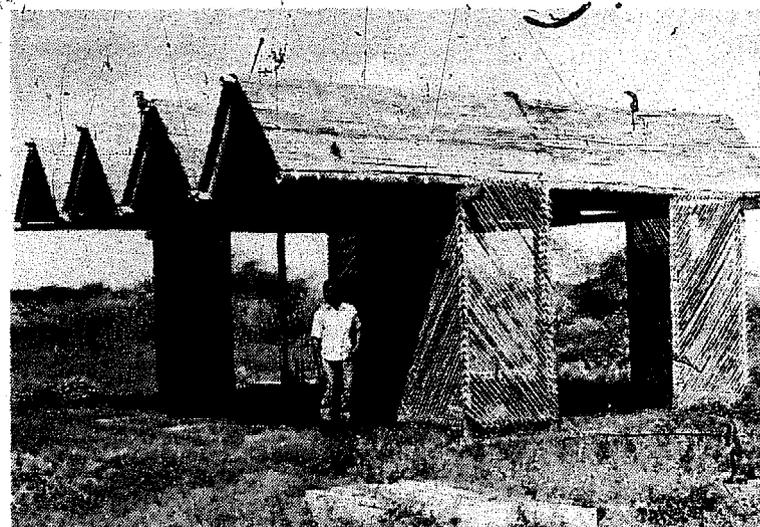


Figura 3-16. Para probar la rigidez de las armaduras, inicialmente se dejaron con un voladizo de 2.25 metros.

Terminación del Techo

El techo formado por varias armaduras puede terminarse en dos formas: ya sea colocando entre las armaduras canales metálicas, de eternit, o de bambú; o construyendo entre las armaduras un sobretecho de dos vertientes para llevar las aguas lluvias hasta el borde del alero. Este último es el más recomendable para las zonas rurales donde no es posible conseguir lámina de aluminio o galvanizada para las canales.

El sobretecho se construye colocando primero una pieza de bambú perpendicular a las armaduras, uniendo los centros de la primera y última cumbre; posteriormente se coloca a lado y lado de esta pieza y entre cada dos armaduras, un soporte en "V" para formar las limahoyas, el cual se asegura de dicha pieza y de los montantes y diagonales de las armaduras con alambre. Posteriormente se adicionan soportes interiores en ambos sentidos con el fin

Figura 3-18. Construcción del alero final. Para que el ancho del alero quede igual a todo lo largo, se utiliza una guía de madera en la forma como se indica en la figura.

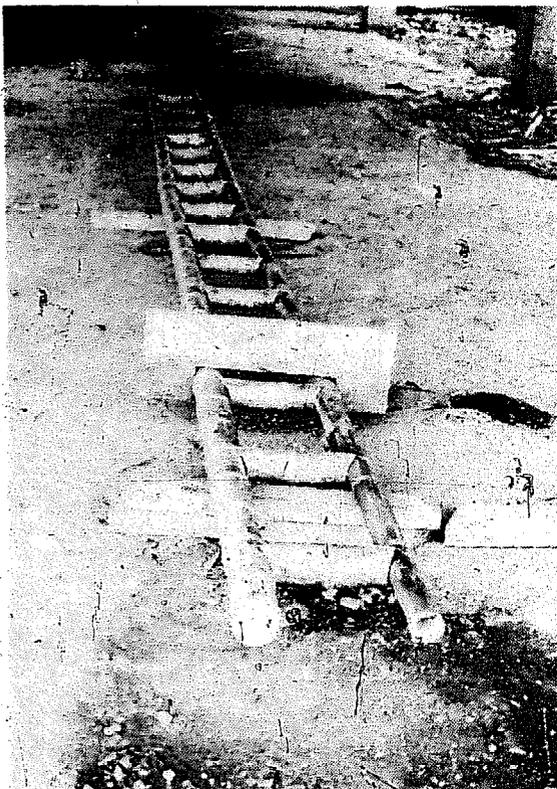


Figura 3-17. Construcción del sobretecho.

de sostener y fijar la esterilla, la cual se recorta colocando previamente 2 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.

Figura 3-19. Colocación del alero y soportes del mismo.



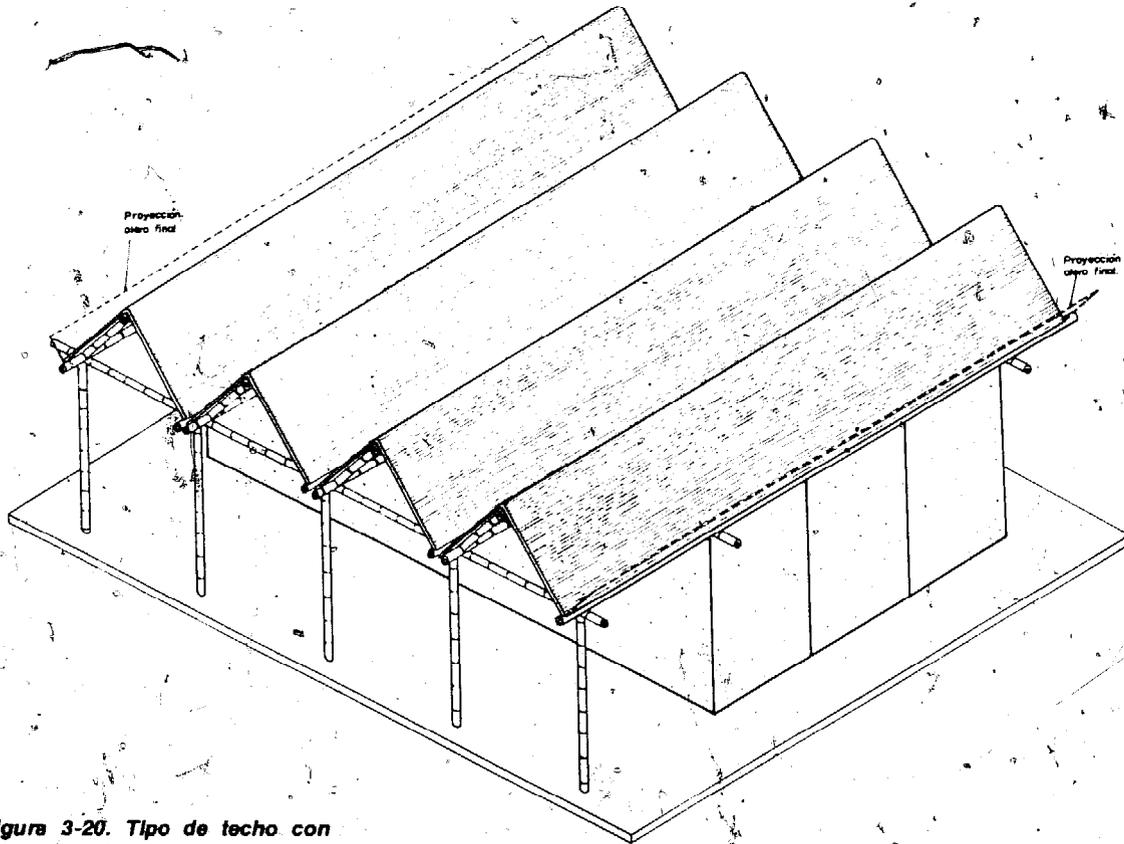


Figura 3-20. Tipo de techo con canales centrales.

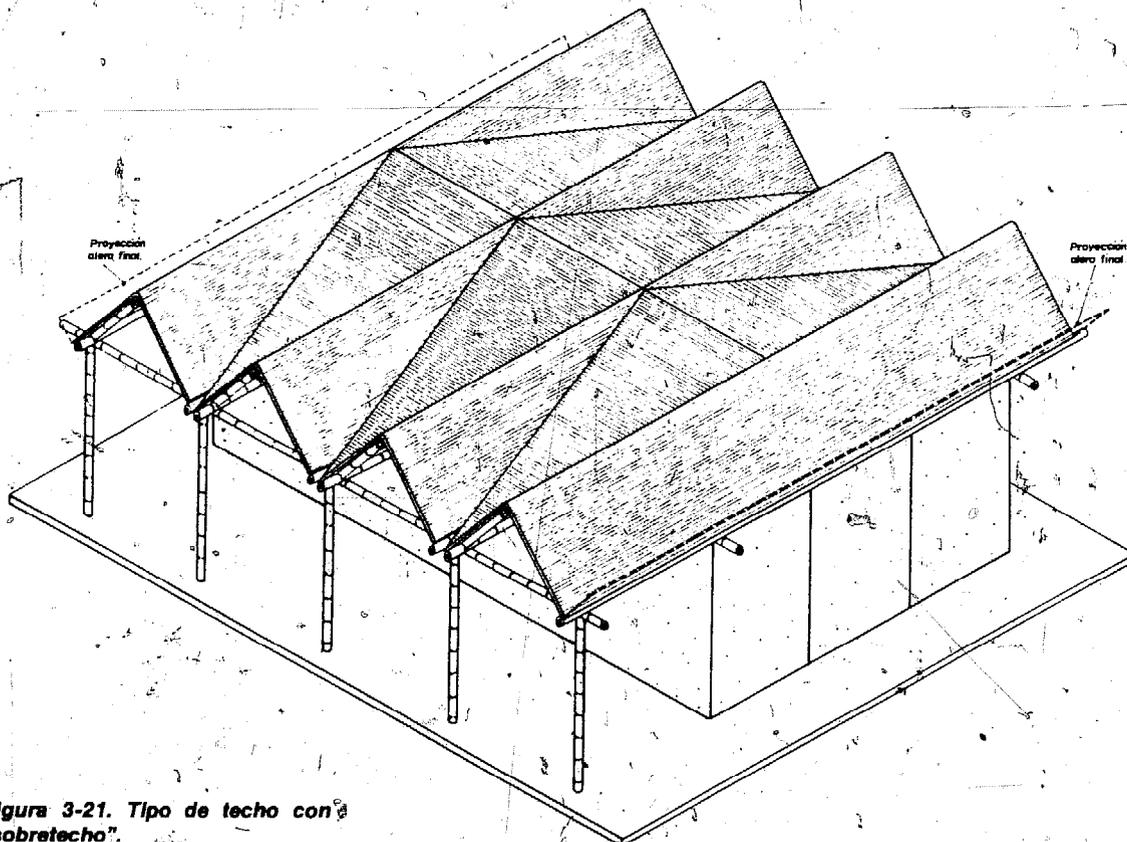


Figura 3-21. Tipo de techo con "sobretecho".

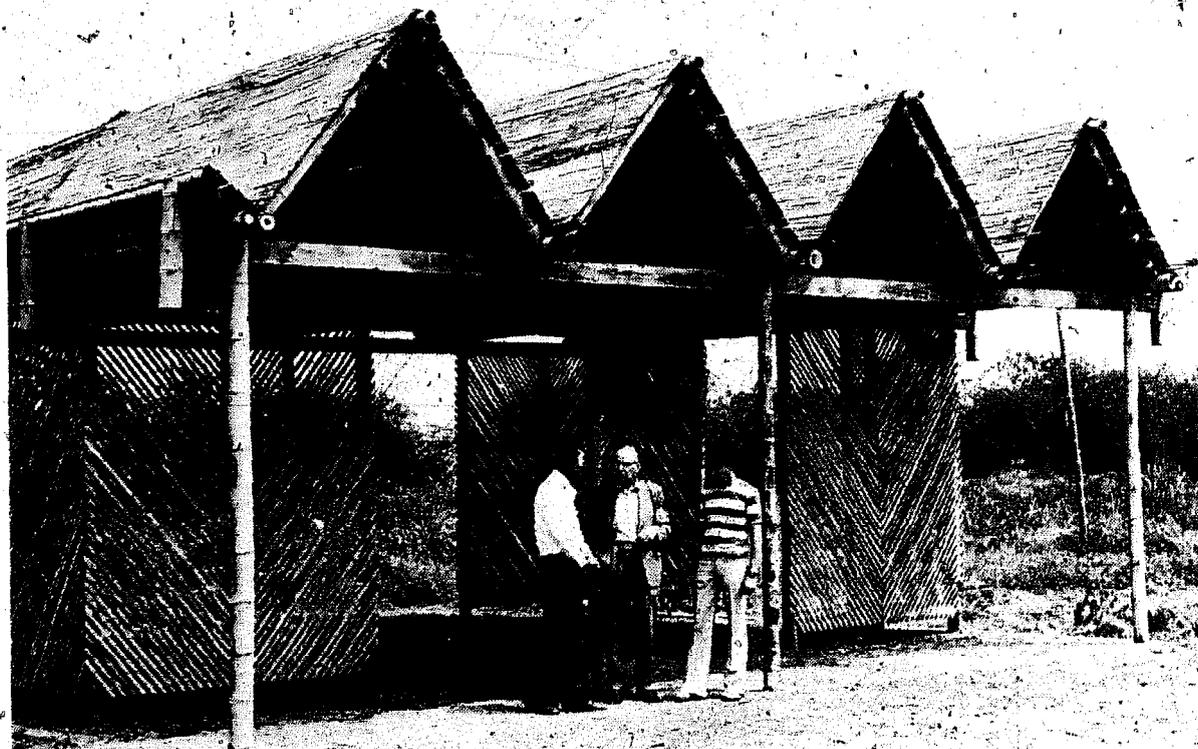


Figura 3-22. Vista exterior de la estructura de guadua una vez terminada y lista para la aplicación o colocación de la cubierta.

Aplicación del Mortero como Cubierta

Figura 3-23. La cubierta puede hacerse utilizando una capa de mortero ya sea de cemento y arena en proporción 1:2, o de suelo-cemento, cuya proporción varía de acuerdo a la calidad del suelo, por lo cual es necesario hacer ensayos previos con diferentes proporciones hasta lograr la mezcla más apropiada. A la mezcla obtenida puede agregársela paja picada de 1 centímetro de longitud.

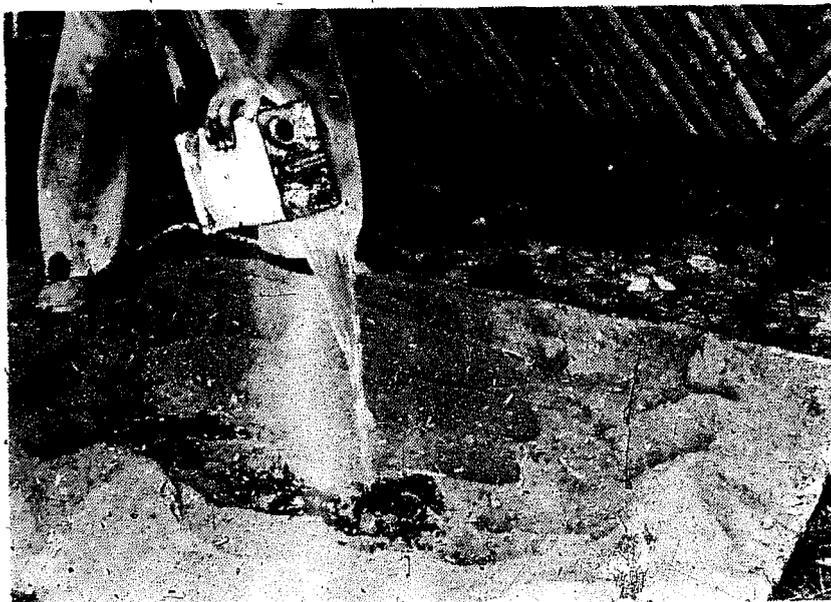


Figura 3-24. Ya sea que se utilice mortero de cemento o suelo-cemento para la cubierta, la cantidad de agua que debe utilizarse en la mezcla se determina cuando es posible hacer una bola con el material sin que escurra agua y sin que se deforme.

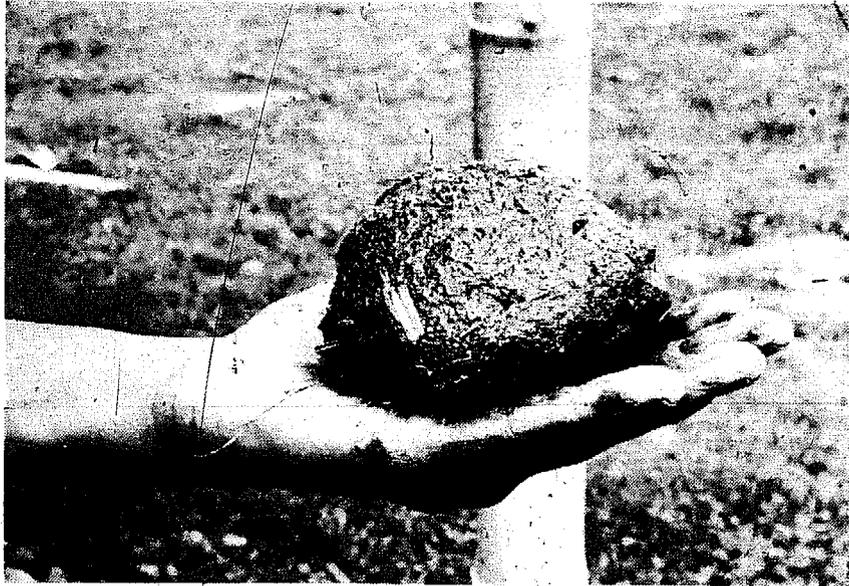


Figura 3-25. La esterilla debe recubrirse primero con una lechada de cemento y arena muy líquida, dejándose secar.

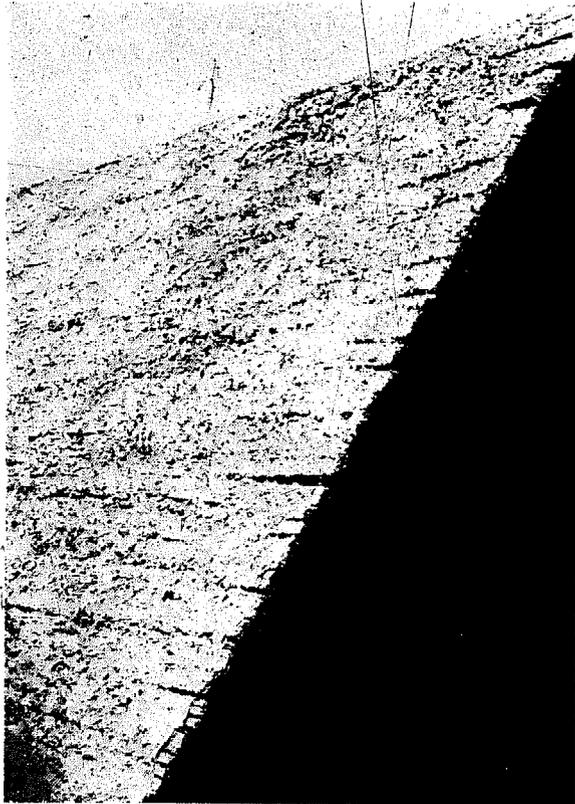


Figura 3-26. Antes de aplicar la capa de mortero se debe humedecer muy bien la cubierta.

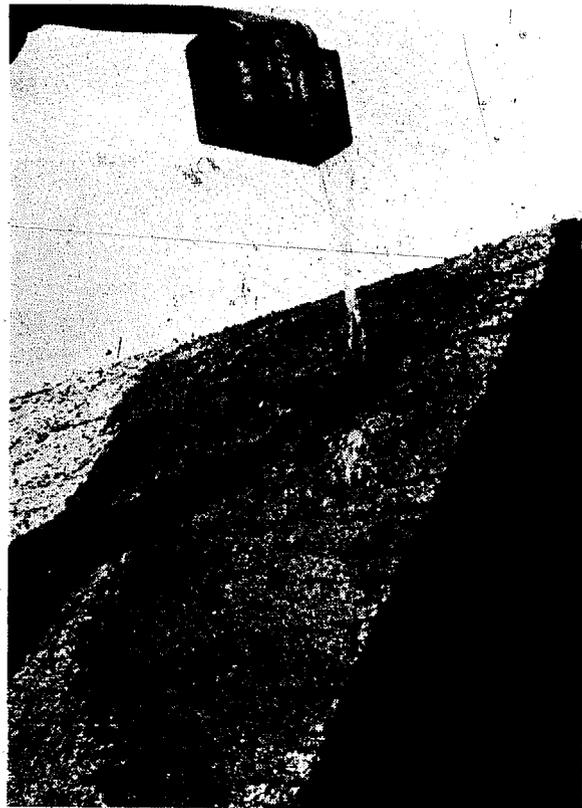




Figura 3-27. Debe construirse un andamio para colocar una lina con agua y el mortero preparado.



Figura 3-28. El mortero ya preparado se aplica presionándolo sobre la cubierta.

Figura 3-29. Para nivelar y sacar el exceso de material se pasa una regla.



Figura 3-30 Posteriormente se alisa con una yana de madera.





Figura 3-31. Finalmente la superficie se esmalta con ayuda de una yana metálica o a falta de ella con un palustre.

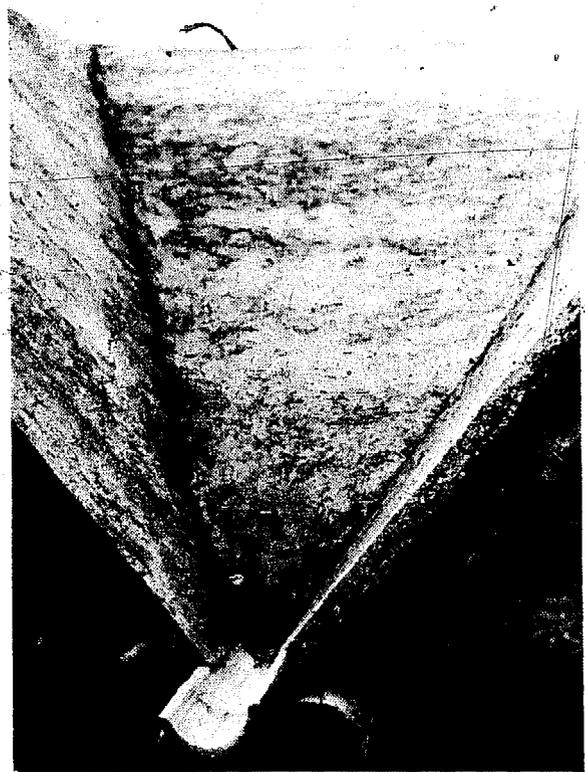


Figura 3-32. Los bordes deben hacerse con ayuda de una regla.

Figura 3-33. La aplicación del mortero debe hacerse en fajas verticales.



Figura 3-34. Las llmahoyas o uniones de las vertientes, deben quedar en forma de cañuela (redondeada). En ningún caso debe quedar en ángulo como se indica en la figura.



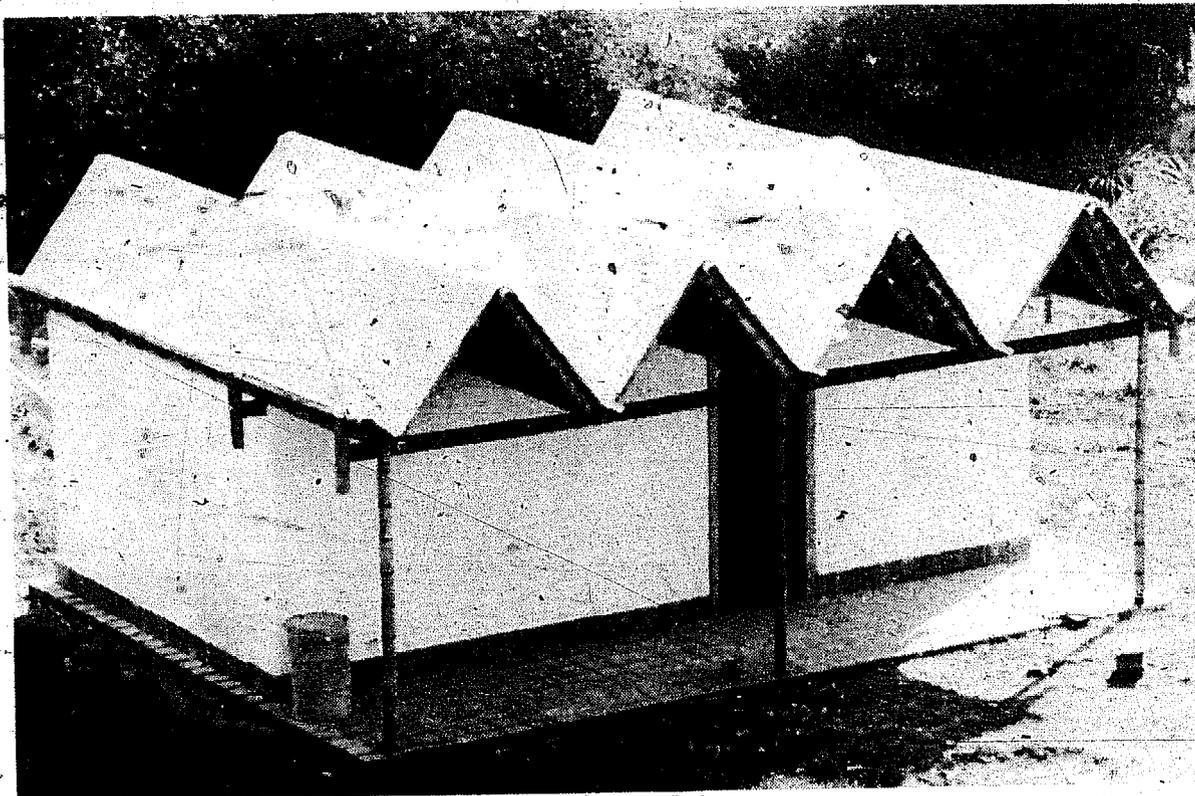
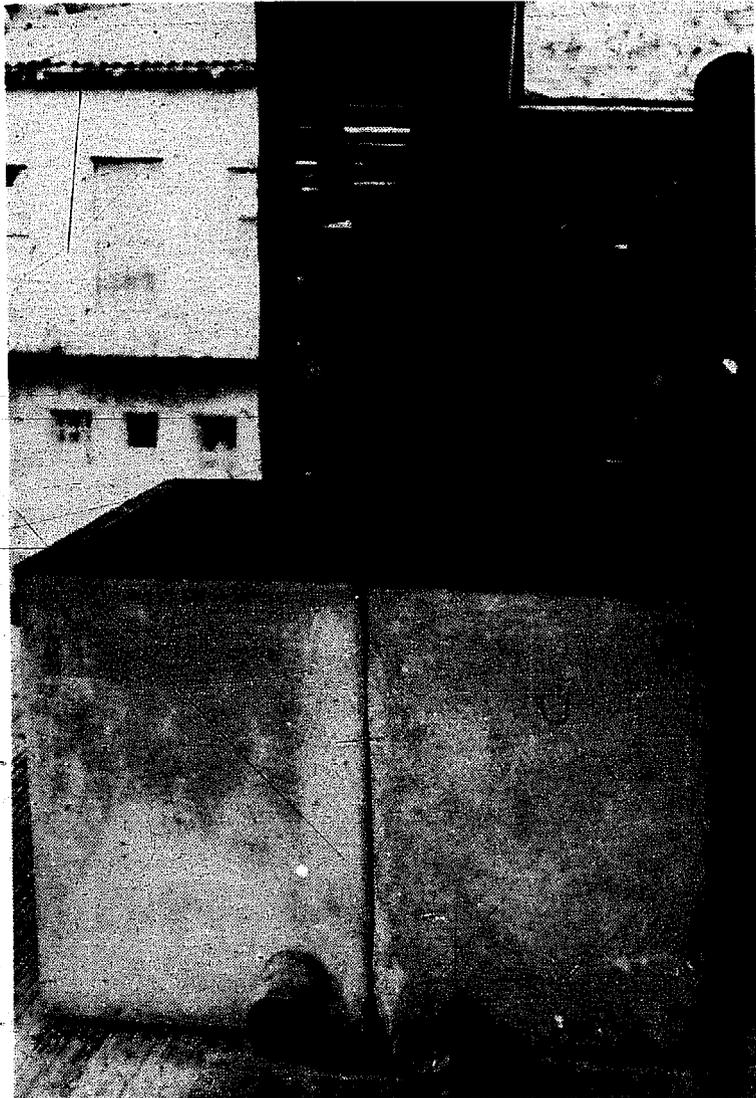


Figura 3-35. Vista exterior del aula terminada. Como cubierta se utilizó una capa de suelo cemento compuesto de: una parte de cemento, 1 de tierra amarilla y 2 de ceniza de carbón de piedra o carbonilla.



Bambú-cemento 4

INTRODUCCION

Un gran número de las viviendas campesinas del país no disponen de sanitarios o letrinas, de tanques sépticos ni de lavaderos apropiados, como tampoco de tanques para el almacenamiento de agua. La razón de ello es que el campesino de pocos recursos no dispone de los medios para construir o adquirir prefabricados estos elementos, debido a su alto costo y a las dificultades que tiene su transporte desde las ciudades hasta lugares a veces muy apartados.

Con el propósito de contribuir al mejoramiento de la vivienda rural en este aspecto, hemos desarrollado una sencilla técnica que permitirá al campesino construir, a un costo muy bajo, estos elementos que son tan indispensables en su vivienda, utilizando para ello canastas tejidas con cintas de guadua o de cualquier otro bambú, con la forma y dimensiones apropiadas, de un tanque, un sanitario, etc., que luego se recubren interior y exteriormente con mortero de cemento.

Esta técnica de construcción la hemos denominado "bambú-cemento" por ser una adaptación del "ferrocemento" al bambú, reemplazando las mallas de alambre que en éste se utilizan, por mallas tejidas con cintas de bambú.

Los primeros ensayos con el bambú-cemento los realizamos a mediados de 1976 en el Centro Nacional de Investigaciones del Café, que la Federación Nacional de Cafeteros tiene en Chinchiná, donde construimos experimentalmente utilizando esta técnica, los tanques de fermentación del Beneficiadero tipo "A". Posteriormente la aplicamos en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira en la construcción de losas prefabricadas para mesas de cocina y en la construcción de pequeños tanques para almacenamiento de agua en los cuales se utilizó también un mortero de cemento y ceniza de carbón de piedra, en lugar de arena, con muy buenos resultados.

Creemos que el bambú-cemento será un buen aporte para el abaratamiento de la vivienda y un material que permitirá vivir mejor a nuestros campesinos.

HISTORIA DEL FERROCEMENTO

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 aún no se producía industrialmente. Debido al tiempo y a la labor que se requería para entretejer infinidad de alambres, se optó en los experimentos posteriores por reemplazarlos por varillas metálicas con mayor separación. Fue así como nació el "concreto reforzado" u "hormigón armado" uno de los materiales más utilizados hoy en la construcción de edificios y de otros tipos de estructuras.

La idea de Lambot permaneció en el olvido casi por espacio de cien años, hasta 1943 que el Ingeniero italiano Pier Luigi Nervi la experimentó de nuevo utilizando técnicas y materiales modernos que le permitieron obtener un nuevo material al que le dio el nombre de "ferrocemento" 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 construyendo la motonave "Irene", de 165 toneladas, con casco de ferrocemento de 3.5 centímetros de espesor, que no sólo 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 de 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.

Dadas las extraordinarias cualidades físicas y mecánicas de este material, así como las ventajas que su empleo podría tener en la construcción de diversos tipos de instalaciones rurales; hemos tratado de adaptar esta tecnología al nivel y a las necesidades del campesino, aprovechando su habilidad casi innata para elaborar canastas y otros elementos tejidos con fibras vegetales. Con este propósito, hemos experimentado con magníficos resultados la sustitución de las mallas de alambre, que se utilizan en el ferrocemento, por mallas de bambú, técnica que hemos llamado "bambú-cemento" y que hemos aplicado en la construcción de tanques de fermentación de café, losas prefabricadas para mesas de cocina y de tanques para almacenamiento de agua cuya construcción se explica a continuación.

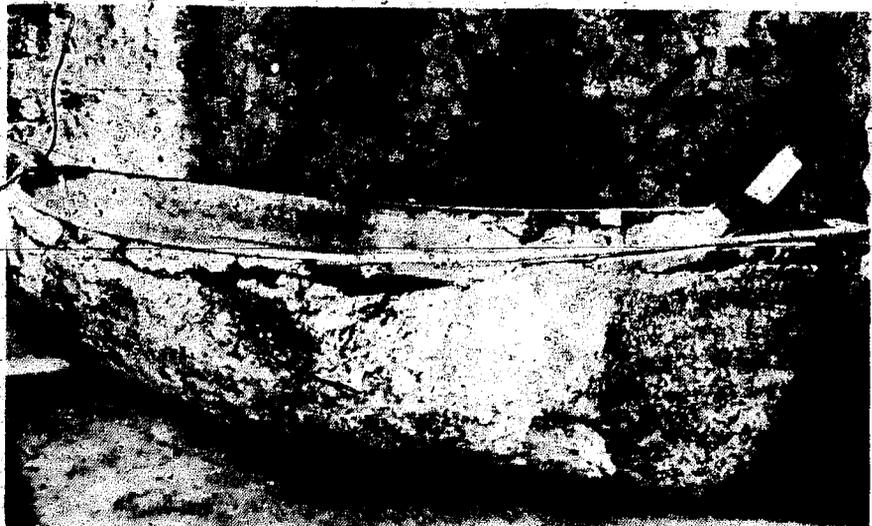


Figura 4-1. Bote construido por Lambot en 1847. En la actualidad se encuentra en el Museo de Brignoles, Francia.

BAMBU - CEMENTO • TANQUES PARA FERMENTACION DE CAFE

MATERIALES

Para la construcción de tanques de bambú-cemento sólo se requieren una canasta tejida con cintas de guadua o de cualquier otro bambú, con las dimensiones y forma que se desee; y un mortero de cemento para recubrirlo, similar al utilizado para pañetar paredes compuesto de cemento, arena fina de río y agua, que se mezclan en la forma y proporciones que se indican más adelante.

La Canasta

Las canastas utilizadas en los diversos experimentos fueron elaboradas con cintas obtenidas de la guadua que se conoce comúnmente con los nombres de "guadua de castilla", "guadua cebolla" o "guadua hembra", a la cual se le ha dado el nombre científico de *Bambusa guadua* var. *castilla*. Sin embargo, puede utilizarse cualquier otra especie de bambú como la *Bambusa vulgaris*, de color amarillo y/o verde, de orígen asiático, muy común en diversas zonas del país.

Las cintas más apropiadas para la elaboración del canasto se obtienen de tallos jóvenes de guadua que tengan entre 10 y 12 meses de edad en la mata, periodo en el

cual el material es más blando y flexible, lo cual permite que las cintas puedan ser tejidas más fácilmente. Esta operación es más difícil de lograr si se emplean cintas obtenidas de bambúes de mayor edad.

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

Estas dos zonas pueden distinguirse fácilmente al observarse la sección transversal de una guadua. La zona interna es blanca y porosa y la externa es más oscura y compacta. La primera de ellas ocupa aproximadamente el 70% de la pared, y la externa el 30% aproximadamente, lo cual permite sacar hasta 3 cintas de un milímetro de espesor, y en los de menor diámetro sólo una.

Según las dimensiones del tanque, el ancho de las cintas puede variar entre 5 y 12

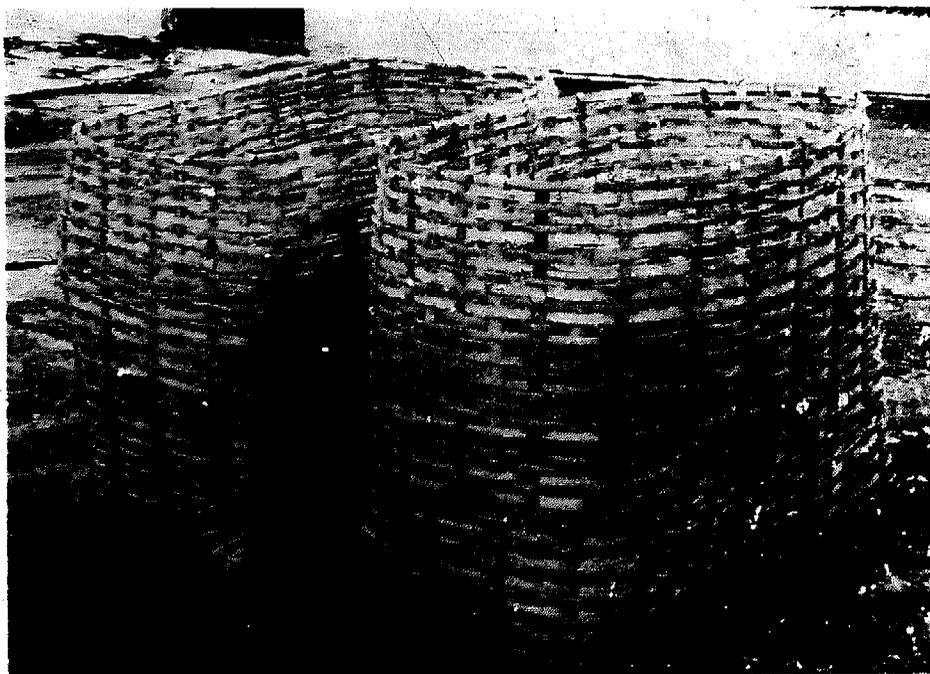


Figura 4-2. Canastas utilizadas en la construcción de los tanques.

milímetros, y su espesor entre medio y tres milímetros.

En la elaboración de la canasta se emplea el tejido sencillo que tradicionalmente utilizan los artesanos y campesinos. No se requiere un buen acabado, pero sí una apropiada separación de las cintas y evitar en lo posible el mayor número de empalmes o de uniones que ocasiona el empleo de cintas muy cortas.

La separación 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 a 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 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 de Cemento

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 ya sea utilizando un tarro de galletas grande o un pequeño cajón de madera que se hace con este propósito, similar al que se empleaba en las tiendas de granos de los pueblos para vender el arroz o el maíz "por cajones" o "por puchas", como se dice en el departamento de Caldas.

El Cemento

El cemento tiene la propiedad de fraguar o de endurecerse al mezclarse con el agua, con la cual forma una pasta. Su propósito en la mezcla es pegar unos con otros los granos de arena y por esta razón durante su preparación debe revolverse continuamente hasta calcular que todos los granos queden cubiertos con la pasta.

El fraguado o endurecimiento del cemento se inicia aproximadamente una hora después de haberse mezclado con el agua, por lo cual el mortero debe aplicarse una vez terminada su preparación. En ningún caso debe adicionarse agua al mortero ya endurecido para utilizarlo, éste debe desecharse y prepararse una nueva porción.

El cemento almacenado en un ambiente húmedo o en contacto con la humedad también se endurece o "se pasa", en tal caso no debe utilizarse. Los sacos de cemento que se almacenan deben colocarse siempre en un espacio cerrado y cubierto, separados de los muros y aislados del suelo por medio de tablas de madera y cubiertos con un plástico. Por la misma razón no deben utilizarse costales de fique o de hilo para empaçar o transportar el cemento, cuando el empaque original se haya roto. En este caso debe empaçarse de nuevo en una bolsa de plástico. El cemento que haya caído al suelo húmedo debe desecharse, si no es posible utilizarlo inmediatamente.

El Agua

El agua que se emplea en la preparación del mortero debe ser potable o tan limpia que se pueda beber sin peligro. No debe utilizarse agua proveniente de alcantarillas o de caños de aguas negras debido a la gran cantidad de materia orgánica que contienen.

La resistencia del cemento depende de la cantidad de agua que se agregue a la mezcla. Si se agrega mayor cantidad de agua que la que requiere el cemento para fraguar, su resistencia se disminuye. Por ello debe tenerse mucho cuidado al agregarse el agua y seguir al pie de la letra la norma que se da en la preparación del mortero.

La Arena

El tipo de arena más apropiado para la preparación del mortero es la arena fina de río, que no sea demasiado fina. Debe ser limpia. No debe contener greda o arcilla como tampoco sustancias orgánicas. Si el mortero no ha endurecido después de varias horas de



Figura 4-3. Para medir las proporciones de la mezcla, puede utilizarse un tarro de galletas.



Figura 4-4. Para medir el agua se puede emplear también un tarro de galletas, diferente al utilizado para medir el cemento y la arena.

aplicado, es muy posible que el agua o la arena utilizadas en su preparación contengan sustancias orgánicas. Por ello conviene escoger muy bien el agua y la arena. Las mejores arenas por lo general son las de color claro.

Cantidad Necesaria de Cemento y Arena

Para calcular la cantidad de cemento y de 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 $2\frac{1}{2}$ y $3\frac{1}{2}$ centímetros.

El volumen de las paredes y del fondo del tanque se calcula multiplicando el espesor por el largo y 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 un metro de altura, de largo y de ancho, medidos exteriormente, y $3\frac{1}{2}$ centímetros de espesor, el volumen total de las paredes y del fondo será aproximadamente de 0.18 metros cúbicos, o sea que se requieren 0.18 metros cúbicos de arena y 0.09 metros cúbicos de cemento. Esto para algunos parecerá absurdo pero debe tenerse en cuenta que entre los granos de arena hay espacios vacíos que son llenados por el cemento.

Ahora, como el tanque se va a recubrir con cuatro capas de mortero de las cuales primero se aplica una exteriormente y las otras dos días después, se debe calcular inicialmente la cantidad de arena y de cemento que se requieren sólo para la primera capa lo que co-

responde 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, 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 el número de cajones de arena que se requieren en total o sea $22\frac{1}{2}$. Dividiendo el número de cajones de arena por 2 obtenemos el número de cajones de cemento que se necesitan en total, o sea $11\frac{1}{4}$. Como para aplicar la primera capa solo se necesita la cuarta parte del mortero, se divide el número total de cajones por 4 lo que da un poco más de $5\frac{1}{2}$ cajones de arena, y un poco más de $2\frac{3}{4}$ 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 de mortero se utilizan 6 cajones de arena y 3 de cemento, lo que incluye el desperdicio.

Preparación del Mortero

El mortero debe prepararse en un espacio cubierto, sobre una superficie plana, pavimentada, o sobre tablas bien juntas y clavadas. En ningún caso debe prepararse sobre 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 revuelven en seco con ayuda de una pala o de un palustre, si la cantidad es muy poca; en este caso puede prepararse la mezcla en una artesa o cajón de madera.

Una vez que la mezcla quede de un color uniforme, se le agrega una cantidad de agua igual a la mitad del volumen del cajón de madera utilizado para medir las cantidades de arena y de cemento, pero utilizando un recipiente apropiado, como por ejemplo un tarro de galletas. Posteriormente se sigue agregando el agua poco a poco, no continuamente, 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 se disminuiría su resistencia. En ningún caso debe agregarse el agua con manguera. La cantidad de agua que se emplee en la mezcla de la primera capa debe medirse con el fin de utilizar 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.

Figura 4-5. 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 escurra agua.



Aplicación del Mortero

Antes de la preparación del mortero, el canasto debe sumergirse por espacio de tres horas en un estanque con agua. Si no se dispone de un estanque se humedece constantemente hasta que las cintas queden saturadas. 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 quita dos días después de aplicada la capa externa y antes de aplicar la capa interna.

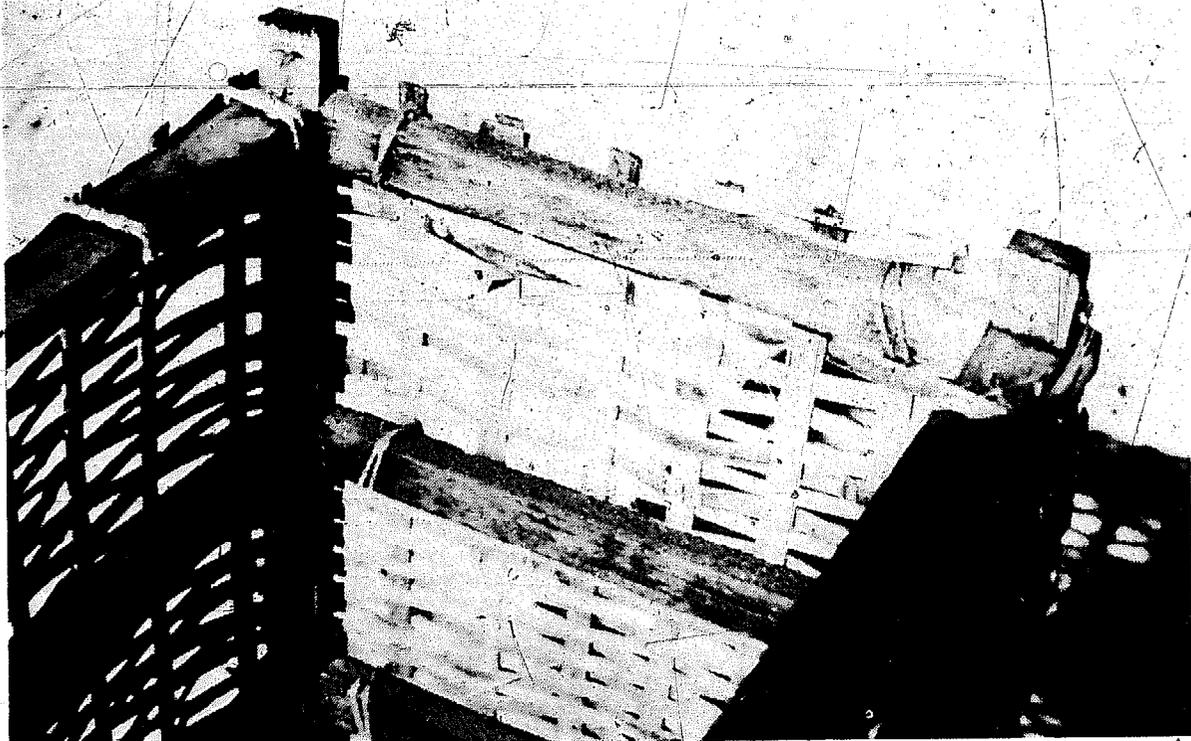
El niple de salida del agua del tanque como el del rebozadero deben colocarse y amarrarse del canasto antes de iniciar la aplicación del mortero. En lo posible deben utilizarse niples metálicos y sólo en último caso una sección de bambú secada al aire y que no esté verde.

En el primer tanque que se construyó ex-

perimentalmente, 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 se puede hacer en tres o en dos etapas, según la experiencia que se tenga en la aplicación de pañetes 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 un centímetro de espesor a excepción del de la base que es mayor. Dos días después, sin 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 de-

Figura 4-6. 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.



jarse rústicas con el fin de que las finales tengan un mejor agarre.

El recubrimiento del canasto debe hacerse sobre un cajón o sobre una pequeña plataforma de triplex o de tablas pulidas, sobre la cual se aplica una delgada capa de parafina o en su lugar aceite quemado de carros que se consigue en las bombas de gasolina, el cual se unta con un trapo.

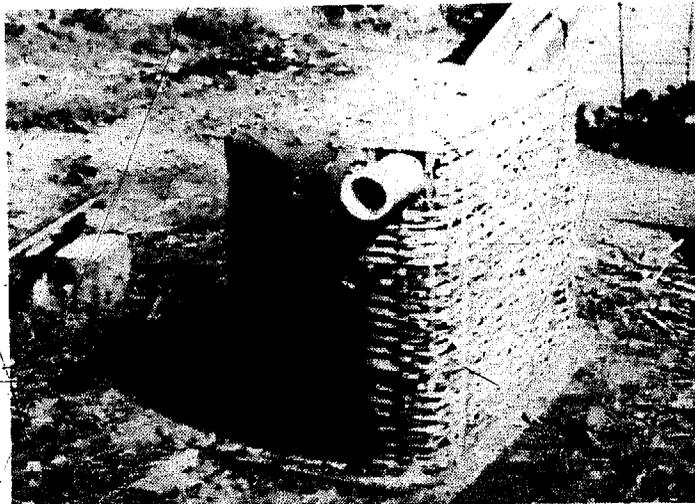
Sobre la plataforma y en el área que va a ocupar el canasto, se extiende una capa de mortero de 1½ centímetros de espesor y sobre ella se coloca la base del canasto, la cual se presiona con la mano para que penetre en el mortero, hasta que éste salga por entre los espacios de las cintas. Posteriormente se comienza a recubrir el lado externo de la canasta, de abajo hacia arriba, aplicando el mortero con la mano, presionándolo 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 esmaltarse aplicando sobre ellas y aún frescas, una mezcla muy rica en cemento que se afina con una llana metálica o de madera.

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 mantienen húmedos. La razón de ello 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, que se llama "curado", el cemento no alcanza la resistencia debida y el tanque se agrieta.

Como se anotó anteriormente, el fraguado del cemento se inicia aproximadamente una hora después de haberse mezclado con el agua, pero su resistencia total sólo la adquiere a los 28 días, por lo cual es necesario esperar todo este tiempo para mover el tanque; sin embargo, puede llenarse con agua a las tres semanas de terminado.



Figuras 4-7 y 4-8 Aplicación de las dos capas exteriores.

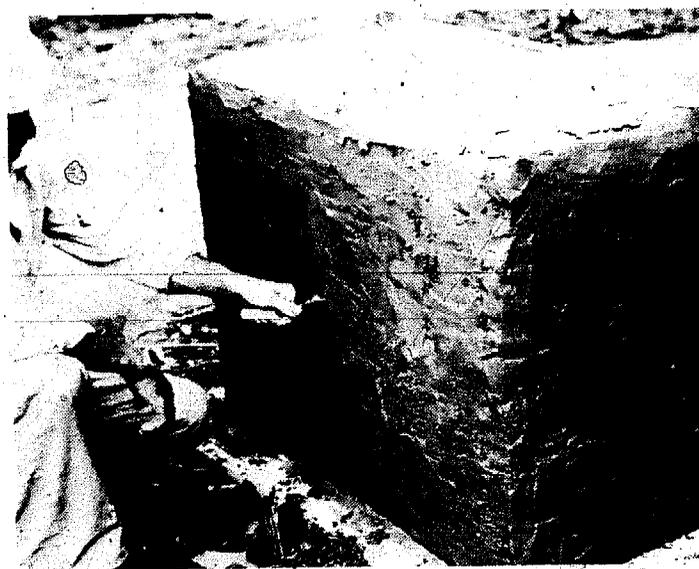


Figura 4-9 Recubrimiento exterior terminado.





Figuras 4-10. y 4-11. Tanques para fermentación de café una vez terminados.

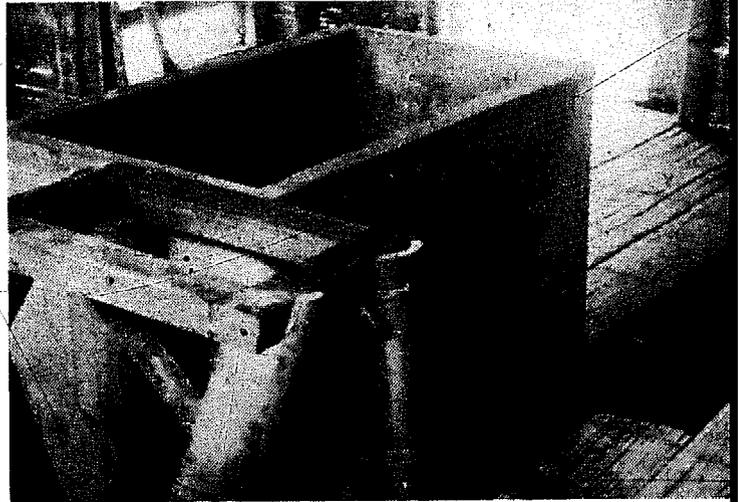


Figura 4-12 Ensayo de canastas recubiertas con mortero solo interlamente.

OTRAS APLICACIONES

Cómo Construir un tanque para almacenar agua

El procedimiento que a continuación se explica, es un resumen de lo visto anteriormente, y se aplica a la construcción de cualquier elemento que se desee hacer en bambú-cemento, ya sean: tanques para almacenamiento de agua, tanques sépticos, 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 elaborar la canasta, que su forma y dimensiones sean las más apropiadas para el uso final que se le vaya a dar. Por ello se recomienda al campesino que, antes de tejerla, tome las dimensiones más importantes en modelos comerciales, por ejemplo cuando vaya a construir un sanitario.



Figura 4-13 Un tanque puede hacerse hasta con una canasta adquirida en el mercado. Si el tejido es tupido se le suprimen las cintas intermedias.

Figura 4-14 La primera operación que debe hacerse es cernir la arena.



Figura 4-15 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 escurra agua al ponerse sobre la mano.





Figura 4-16. Sobre la superficie de madera, nivelada, se aplica aceite quemado con un trapo o en su lugar parafina



Figura 4-17. Sobre la base se extiende una capa de mortero nivelada con la mano.

Figura 4-18. La canasta, saturada de agua, se coloca sobre la capa de mortero extendida, y se presiona para que el mortero salga entre las cintas.



Figura 4-19. Sobre el fondo del canasto se extiende otra capa de mortero.

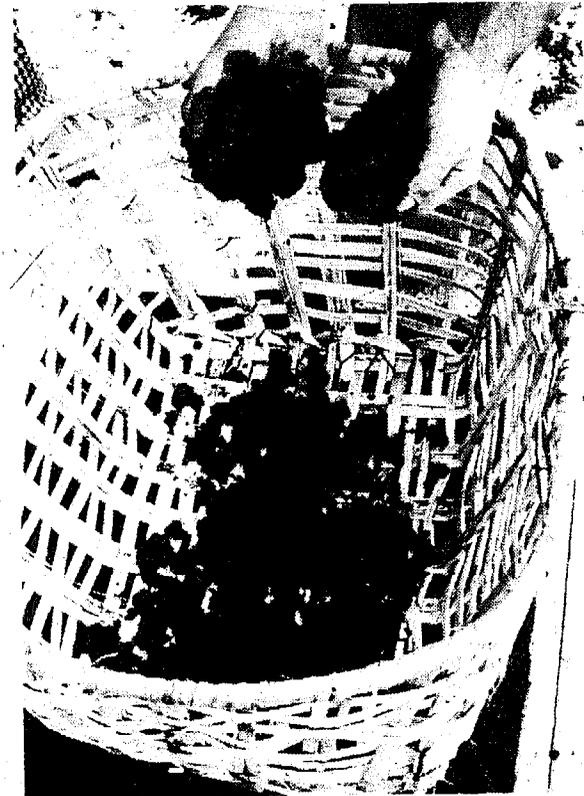




Figura 4-20 La capa de mortero se presiona con los dedos sobre la anterior.



Figura 4-21. Luego se recubre con mortero el lado interior.

Figura 4-22. El mortero se presiona con los dedos para que pase a través de las cintas.



Figura 4-23 Dos o tres días después se recubre exteriormente con la primera capa y se aplica interiormente la segunda o final.





Figura 4-24. Aplicación de la segunda capa interna.



Figura 4-25 Terminación de los bordes.

Figura 4-26 Tanque terminado.



Figura 4-27 Ensayo de tanque dos semanas después de terminado.



Cómo Construir Losas para antepechos y mesas de cocina



Figura 4-28 Plaqueta de 3 centímetros de espesor hecha en bambú-cemento.

El bambú-cemento también es aplicable a la construcción de losas o plaquetas 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 guadua de 2 milímetros de espesor y de un centímetro de anchas, separadas de 4 a 5 centímetros.

Su construcción se hace en la siguiente forma:



Figura 4-29 Aplicación de aceite quemado sobre la base y bordes de madera de la formaleta.



Figura 4-30 Aplicación de la primera capa de mortero sobre la base de madera

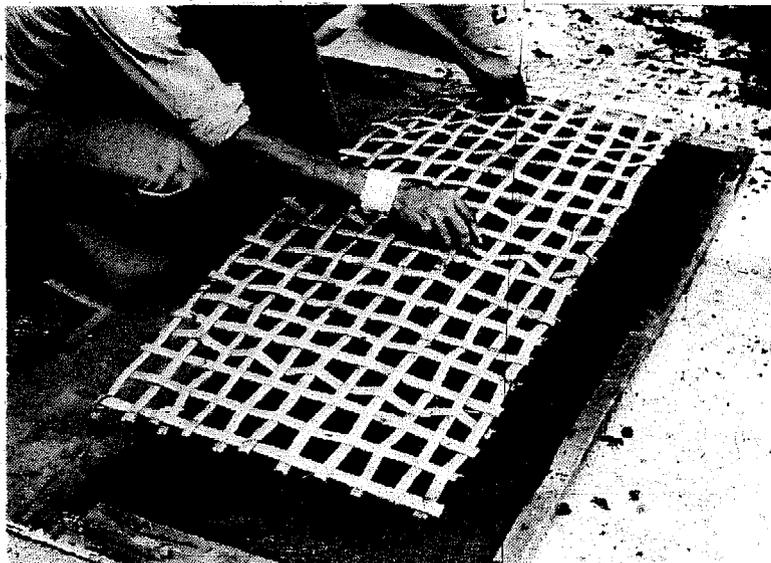


Figura 4-31 Colocación de la malla sobre la capa de mortero.



Figura 4-32 La malla se comprime contra el mortero.



Figura 4-33 Colocación de la capa superior de mortero.



Figura 4-34 El material sobrante se saca con una regla a la vez que se nivela la superficie.

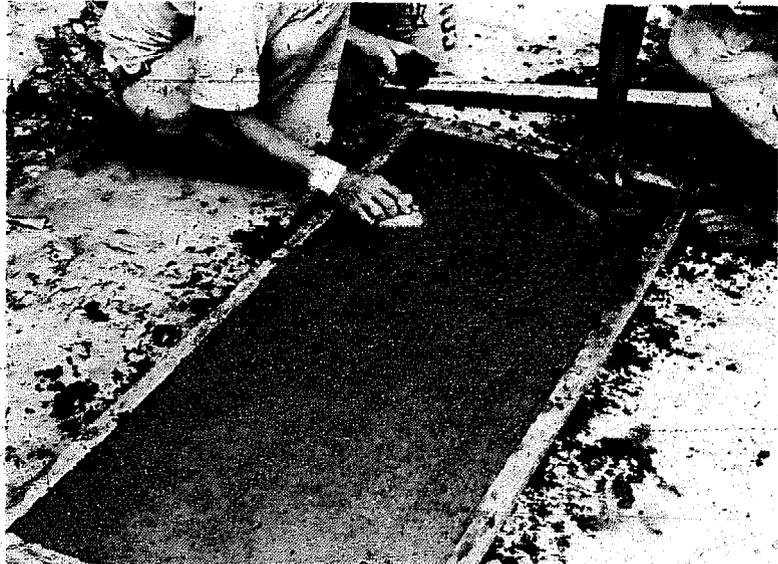


Figura 4-35 Afinado o esmaltado de la superficie.

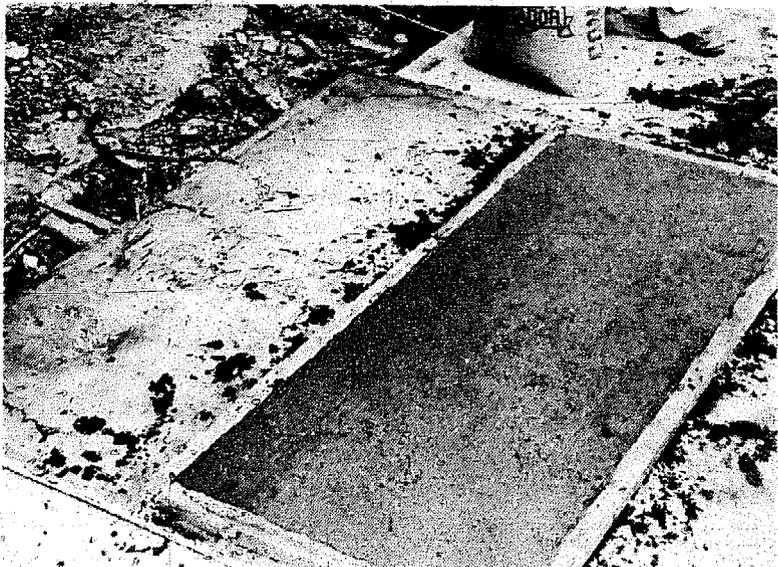


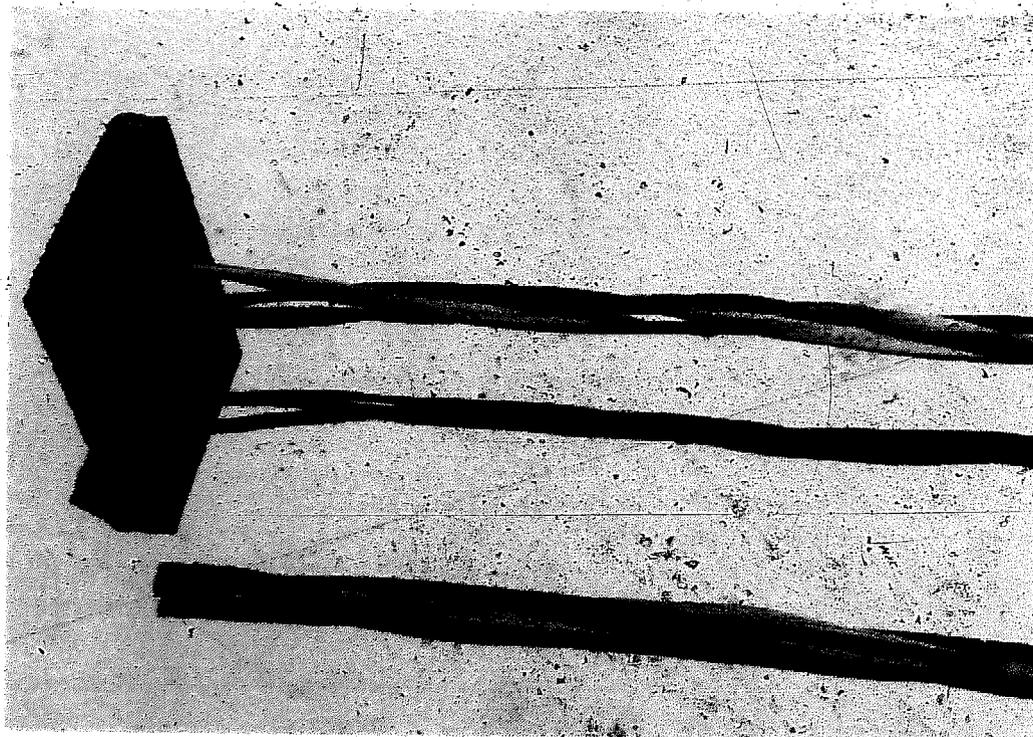
Figura 4-36 Una vez terminada la losa se deja curar por espacio de ocho días. Su colocación sólo puede hacerse 3 semanas después de fundida.



Figura 4-37. Las plaquetas deben hacerse de dimensiones apropiadas para facilitar su transporte.



Figura 4-38. 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.



**Concreto reforzado con
cables de bambú**

5

INTRODUCCION

El concreto reforzado ha sido uno de los materiales de construcción que nunca ha podido estar al alcance de nuestros campesinos debido al alto costo del acero de refuerzo, a las dificultades que conlleva su transporte a zonas rurales apartadas donde sólo se llega en bus, en lomo de mula o en canoa y a que la preparación de la armadura de refuerzo o sea el corte, doblado y amarre de las barras, requieren de cierta tecnología que por lo general el campesino desconoce.

De lo anterior nació la idea de investigar diversos materiales vegetales nativos de gran resistencia a la tensión, bajo costo y disponibilidad, que pudiesen 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 con el cual está más familiarizado el campesino, por ser un material de gran disponibilidad en la mayoría de las zonas rurales del país, es el bambú, conocido en nuestro país con el nombre vulgar de "guadua" y científicamente como Bambusa guadua.

El bambú ha sido quizás 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 muy poco satisfactorios, debido a que tanto las cañas delgadas como las tablillas [latas], que son las formas como hasta ahora se ha utilizado el bambú como refuerzo, aumentan de volumen con la humedad al embeberse en el concreto y posteriormente se contraen al secarse, lo cual no sólo produce el agrietamiento de 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 sea. Debido a esta circunstancia el empleo del bambú como refuerzo en el concreto no ha tenido éxito y a ello se debe su poca aplicación.

En la búsqueda de una solución a este problema, proponemos una nueva técnica de utilizar el bambú como refuerzo en el concreto con la cual hemos superado en su mayor parte las dificultades que hasta ahora han limitado su empleo en este campo, como lo indican los experimentos que hemos realizado y que damos a conocer en esta publicación.

Esta nueva técnica consiste en utilizar 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 utilizaron en la construcción de grandes puentes colgantes, con lo cual se ha demostrado su extraordinaria resistencia a la tensión.

El bambú utilizado en estos experimentos fue nuestra especie gigante más sobresaliente, la Bambusa guadua; sin embargo, es aplicable a otras especies de menor diámetro que se desarrollan en regiones más altas de nuestras cordilleras, algunas de las cuales es posible que tengan una resis-

tencia a la tensión mayor que la de los bambúes gigantes, lo que hasta ahora no se ha comprobado.

Esta investigación fue financiada por el Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas, COLCIENCIAS y realizado por el Centro de Investigación del Bambú y de Fibras Vegetales de la Universidad Nacional, Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira; con la dirección del autor y la colaboración de los Ingenieros José Villar, Delmar Gutiérrez y Patricia Imery de la División de Ingeniería de la Universidad del Valle en cuyos laboratorios se realizaron los ensayos tanto de las muestras para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua (Bambusa guadua) como de las vigas de concreto.

Es nuestro propósito futuro aplicar esta nueva tecnología en la construcción de diversos tipos de instalaciones rurales, con el fin de editar una cartilla de construcción para el uso de nuestros campesinos, lo que no pudimos lograr en esta oportunidad debido a los pocos recursos económicos de que disponíamos para realizar la presente investigación.

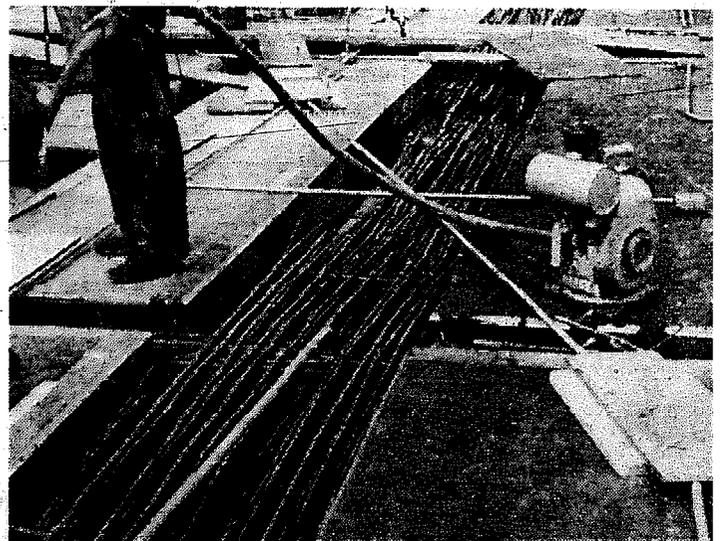
HISTORIA DEL CONCRETO REFORZADO CON BAMBU

La idea de utilizar como refuerzo en el concreto cañas de bambú o tablillas obtenidas de dividir radial y longitudinalmente los tallos gigantes, no es nueva. Los primeros experimentos en este campo fueron realizados en 1914 por H.K. Chou en el Massachusetts Institute of Technology, Estados Unidos, y posteriormente aplicados en China en 1918, entre otros propósitos, en la cimentación de puentes de ferrocarril en la cual se utilizaron pilotes de fricción hechos de concreto reforzado con bambú, con el objeto de facilitar su transporte y colocación.

Figura 5-1. Refuerzo de vigas de concreto con tablillas de bambú, utilizado por Glenn en la construcción experimental del Press Box Building en el estado del Clemson Agricultural College, Carolina del Sur, Estados Unidos

Desde entonces se han realizado varias investigaciones sobre este particular en China, India, Japón, Filipinas, Estados Unidos, México, Colombia y aun 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 Clemson Agricultural College of South Carolina, Estados Unidos, quien construyó, como parte de su investigación, las primeras estructuras de concreto reforzadas con bambú, con resultados muy poco alentadores.

Figura 5-2. Refuerzo de vigas de concreto con cañas de bambú, utilizadas por Glenn en la construcción del mismo edificio.



La mayor aplicación que hasta ahora se le ha dado al concreto reforzado con bambú tuvo lugar durante la Segunda 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 Estados Unidos. Posteriormente, este último país lo utilizó con los mismos propósitos durante la Guerra de Viet-Nam, donde se intentó construir una estructura abovedada en concreto reforzado con bambú, con resultados catastróficos, como puede verse en las fotografías.

Tanto en la práctica como en todas las investigaciones que hasta ahora se han reali-

zados, se ha llegado a concluir, aunque muchos investigadores no se atreven a expresarlo, que el empleo de tablillas y cañas de bambú como refuerzo en el concreto es inoperante debido a la poca adherencia que desarrollan en el concreto, a las limitaciones en el área de refuerzo y, al bajo módulo de elasticidad, por lo cual su empleo no se recomienda para la construcción de estructuras o elementos estructurales de viviendas o galpones para animales. La poca confianza que se ha tenido hasta ahora en el concreto reforzado con bambú, se demuestra en el poco uso que ha tenido.

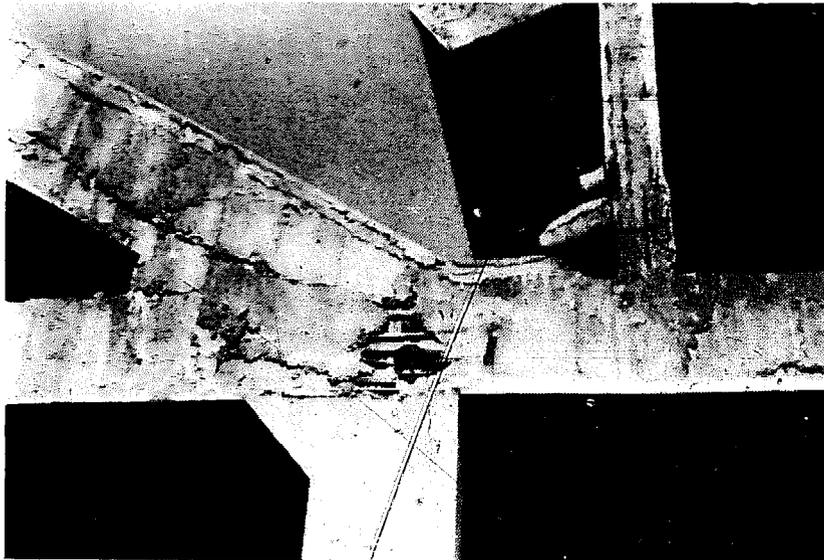


Figura 5-3. Estructura abovedada reforzada con bambú construida en Vietnam con fines experimentales.

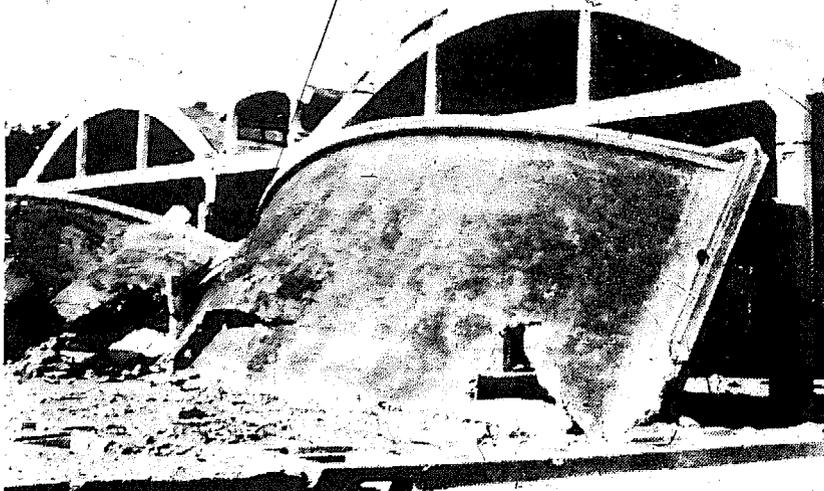


Figura 5-4. Derrumbamiento parcial de la estructura.

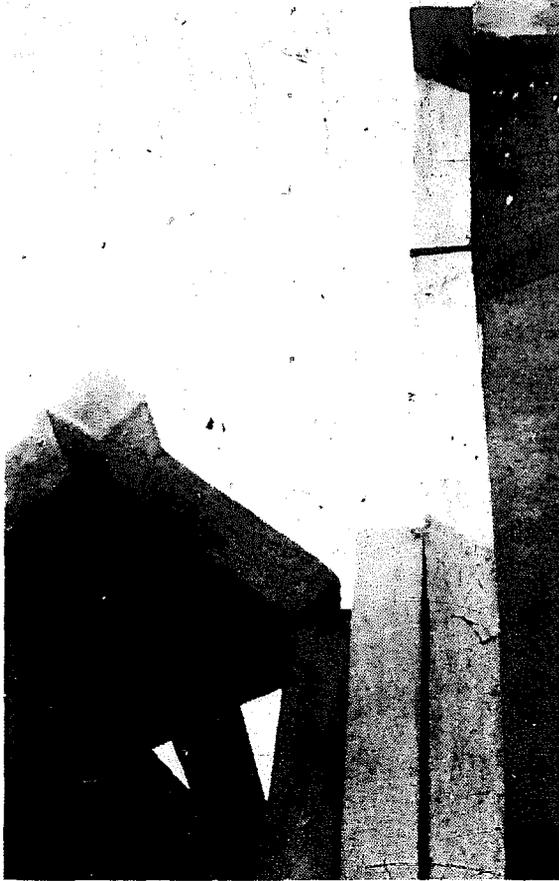


Figura 5-5. Rotura de las columnas por la base de la viga superior.

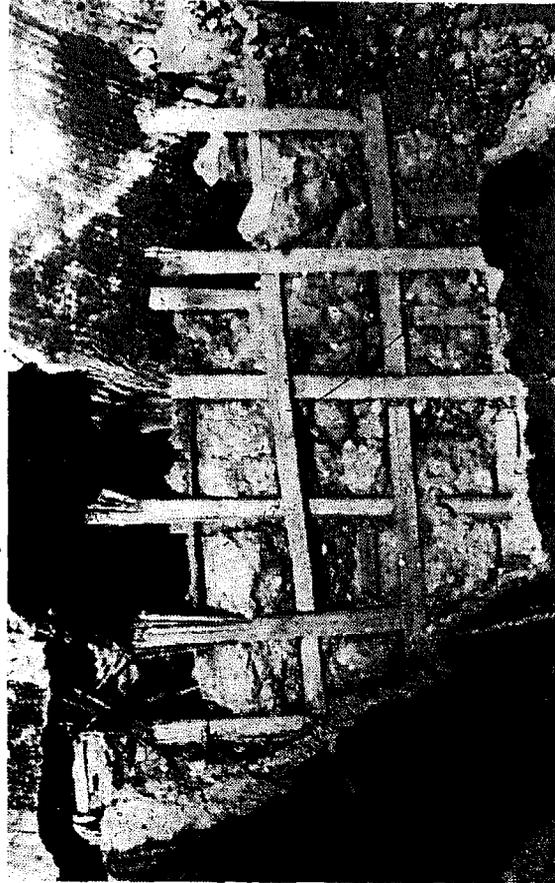


Figura 5-6. Detalle en el cual se nota la falta de adherencia entre el bambú y el concreto.

LIMITACIONES EN EL USO DE TABLILLAS Y DE CAÑAS COMO REFUERZO EN EL CONCRETO

Falta de Adherencia en el Concreto

De las dos formas como hasta ahora se ha utilizado el bambú como refuerzo, la más recomendada ha sido el empleo de tablillas, debido a que éstas desarrollan mayor adherencia en el concreto que las cañas o bambúes completos que tienen una superficie lisa y cerosa. Sin embargo, en cualquiera de las formas en que sea utilizado como refuerzo, al estar embebido en el concreto absorbe el agua de la mezcla, aumentando de volumen y posteriormente al secarse se contrae perdiendo la adherencia con el concreto.

En los experimentos que hemos realizado con secciones del tallo y con tablillas de guadua [*Bambusa guadua*] que se han dejado su-

mergidas en agua por espacio de ocho 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 ocho días. En las tablillas, el espesor de su pared aumenta en un 8% en 24 horas, y un 15% en ocho días. Estos cambios de volumen se presentan en forma similar en todos los bambúes siendo menores cuando mayor es su edad.

Como era de esperarse, la mayor parte de los investigadores centraron sus experimentos en buscar una solución a este problema, coincidiendo, como es de lógica, que el bambú debe recubrirse con una sustancia imper-

meable 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 estas investigaciones, es el campesino de pocos recursos económicos y recomiendan tratamientos tan sofisticados y costosos, que en la mayoría de los casos resulta mucho más económico el empleo del refuerzo de acero que el de bambú. Veamos a continuación 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 tablillas 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 y 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 epóxica, sobre la cual 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 poliéstericas 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 recubrir un solo bambú de 2.5 centímetros de diámetro por tres metros de largo, el cual es insuficiente para reemplazar una varilla de $\frac{1}{4}$ 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 con un chorro de arena a presión ("sandblasting"), 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 por un campesino, debido al alto costo del azufre como de los elementos que se requieren para su aplicación.

Limitación en el Area de Refuerzo

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

Una de las conclusiones a las cuales llegó Datta (1935) en sus experimentos dice que cuando se utilice bambú (ya sean cañas o tablillas) como sustituto del acero 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 doce veces mayor que el área de la sección transversal de acero.

Por otra parte, Glenn (1944) 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 del bambú es del 3 al 4% del área de la sección transversal de la viga de concreto.

En base a lo anterior, si quisiéramos sustituir por bambú el refuerzo inferior de un dintel de concreto de doce centímetros de ancho por veinte centímetros de altura, consistente en dos varillas de acero de 3/8 de pulgada de diámetro, o sea con un área total de refuerzo de 1.42 cms.², que es una de las formas más simples de refuerzo; según Datta, se requeriría un área de bambú equivalente a doce veces la del acero o sea de 17.04 cms.². 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 cms.², lo que quiere decir que habría un exceso en el área de refuerzo de 7.44 cms.².

Por otra parte, para cubrir el área de 17.04 cms.² que se requiere de refuerzo, si se utilizaran tablillas de 3 cms. 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 utilizan cañas delgadas de bambú en lugar de tablillas, no cabrían en la zona de tensión del dintel debido a que el área se aumenta por el vacío interior de cada 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 quiera reemplazar por bambú áreas mayores de refuerzo en acero.

Podemos concluir de lo anterior que el empleo de tablillas y cañas de bambú es inoperante y antieconómico.

LOS CABLES DE BAMBU

Desde tiempos inmemoriales, el hombre asiático ha utilizado 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 fue así como juntando varias cintas obtuvo cuerdas de mayor resistencia que utilizadas en sus arcos dieron mayor alcance a sus flechas y amarres más fuertes en 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 o manías 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 propósitos, para arrastrar sus barcos o juncos contra la corriente de los ríos navegables de China.

Sin duda alguna la aplicación más destacada que se le dio a las cuerdas de bambú fue en la construcción de gigantescos puentes colgantes con luces 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. Para la construcción de estos puentes, utilizaron grandes cables de bambú obtenidos

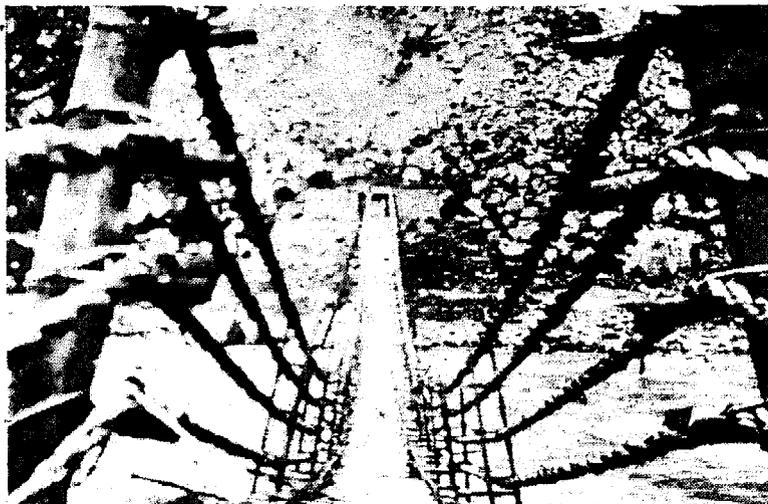


Figura 5-7. Uno de los muchos puentes colgantes que se construyen en China con cables de bambú. Los cables principales van por debajo del piso de madera sirviéndole además de soporte. Nótese al fondo la caseta.

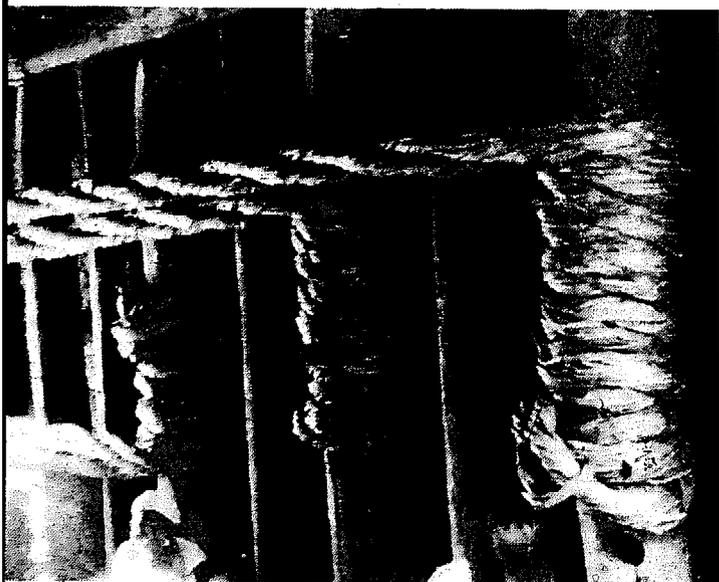
por torsión de varias cuerdas trenzadas, por lo cual sus diámetros variaban entre 20 y 30 centímetros.

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 una gran resistencia, rompiéndose con una carga de 1.828 kgrs./cm² (26.000

libs/pulg.²). Añade que un cable de cinco centímetros de diámetro puede sostener una carga de cuatro toneladas.

Figura 5-9. En regiones apartadas de China aún se emplea como puente un solo cable de bambú sobre el cual se desliza una pieza de madera de la cual se amarran los transeúntes. Se considera que este sistema fue el origen de los puentes colgantes.

Figura 5-8. En las casetas colocadas en los extremos del puente existe un ingenioso sistema de cabrestantes que se emplean para tensionar periódicamente el puente. Los cabrestantes están constituidos por columnas giratorias de madera, como se aprecia en la figura.



EL BAMBU 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 nuestras 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 que llamamos "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 de 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 aun 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* el autor se ha tomado la libertad de clasificarlas respectivamente con los nombres científicos de *Bambusa guadua* var. *striata* y *Bambusa guadua* var. *castilla*, con el fin de evitar confusiones en este estudio o

en los futuros, hasta el día que nuestros botánicos opinen otra cosa.

La "guadua rayada" [*Bambusa guadua* var. *striata*] 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 de nuestro país y uno de los más decorativos.

La "guadua castilla" [*Bambusa guadua* var. *castilla*], conocida también con los nombres de "balsa" y "cebolla"; 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 nuestra investigación.

Es importante anotar que en 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 tablillas de "guadua macana" y "guadua de castilla", respectivamente. Los resultados obtenidos de las propiedades físicas de estas especies, de un promedio de 13 muestras ensayadas en cada una estas investigaciones, se indican en el siguiente cuadro.

CUADRO I. PROPIEDADES FISICAS DE LA GUADUA Datos obtenidos de los experimentos realizados en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional en Bogotá.

ESPECIES	TRACCION				COMPRESION				MOD. DE ELAST.	
	Esfuerzo de rotura Kgr./cm ²				Esfuerzo de rotura Kgr./cm ²				Kgr./cm ²	
	sin nudo		con nudo		sin nudo		con nudo			
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Guadua macana	970	1659	943	1429	606	689	525	660		
Guadua de Castilla	1020	1560	548	1045					107.000	173.000

Preparación de las Muestras

El bambú escogido para esta investigación fue la *Bambusa guadua* var. *castilla* por ser la de menor resistencia entre las especies gigantes nativas de Colombia, y por haber mayor disponibilidad de esta especie en diversas regiones del país.

Todo el material utilizado en esta investigación, tanto en la determinación de las propiedades físicas y mecánicas como en la elaboración de los cables de refuerzo y estribos, fue obtenido del guadua de propiedad de la Granja Agrícola que el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) tiene en la ciudad de Palmira, localizado a tres kilómetros de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional, donde se prepararon todas las muestras y cables de bambú, que luego fueron ensayados en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la División de Ingeniería de la Universidad del Valle, con la supervisión del Ing. José Villar, de la Ing. Patricia Imery y del autor.

Se utilizaron un total de 36 guaduas, las cuales fueron cortadas en diferentes épocas del año entre las 9 am. y las 12 m. El diámetro promedio varió entre 9 y 12 centímetros y su altura entre 17 y 23 metros. El espesor promedio de la pared en la base fue de 22 milímetros y en la parte media del tallo, de 10 milímetros aproximadamente.

Con el fin de comprobar la variación de la resistencia del bambú de acuerdo con la edad, se cortaron guaduas, con edades que fluctuaron entre 9 meses y 7 años.

Una vez cortada la guadua, se numeró de acuerdo al orden de corte. Posteriormente se dividió cada una de ellas en secciones o tramos de 3 metros de longitud. Cada sección se marcó con dos letras, la primera de las cuales indicaba la posición del tramo en el tallo, y la segunda indicaba si el extremo era superior o inferior. Por ejemplo: La guadua No. 5 se dividió en 4 secciones, la basal se marcó en el extremo inferior 5Ai y en la superior con 5As; el siguiente tramo 5Bi-5Bs y así sucesivamente.

De cada guadua sólo se utilizaron las primeras 3 ó 4 secciones o tramos, o sea las marcadas con las letras A, B, C y D. De cada una de ellas se sacaron muestras para los ensayos de tracción y compresión, teniendo el cuidado de que las muestras destinadas al mismo tipo de ensayo, quedaran separadas tres metros entre sí, a lo largo del tallo de 12 metros.

Todos los cables utilizados como refuerzo de las vigas de concreto se elaboraron con cintas de 2.20 metros de longitud, cortadas del extremo inferior de los tramos "B". El sobrante del mismo se utilizó en los ensayos a tracción.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA GUADUA

Diferencia de Resistencia a la tracción entre la Zona Interna y Externa de la Pared del Tallo

Si se observa la sección transversal de una guadua o de cualquier otro bambú se pueden distinguir claramente dos zonas: una interna de color blanco y porosa, y otra externa de color oscuro y compacta. La primera de ellas ocupa aproximadamente el 70% del espesor de la pared, y la segunda el 30%.

En los ensayos a tracción que se realizaron

separadamente de estas dos zonas, obtenidas de una misma tablilla, la zona interna dio una resistencia a la tracción de sólo 706 kgrs./cm² mientras que la externa dio 2.052 kgrs./cm². Posteriormente se ensayó una tablilla del mismo entrenudo anexa a la anterior, la cual dio una resistencia de 1.175 kgrs./cm² que corresponde a la resistencia combinada de las dos zonas.

De lo anterior puede deducirse que, un cable hecho con cintas de guadua puede tener una resistencia casi tres veces mayor que

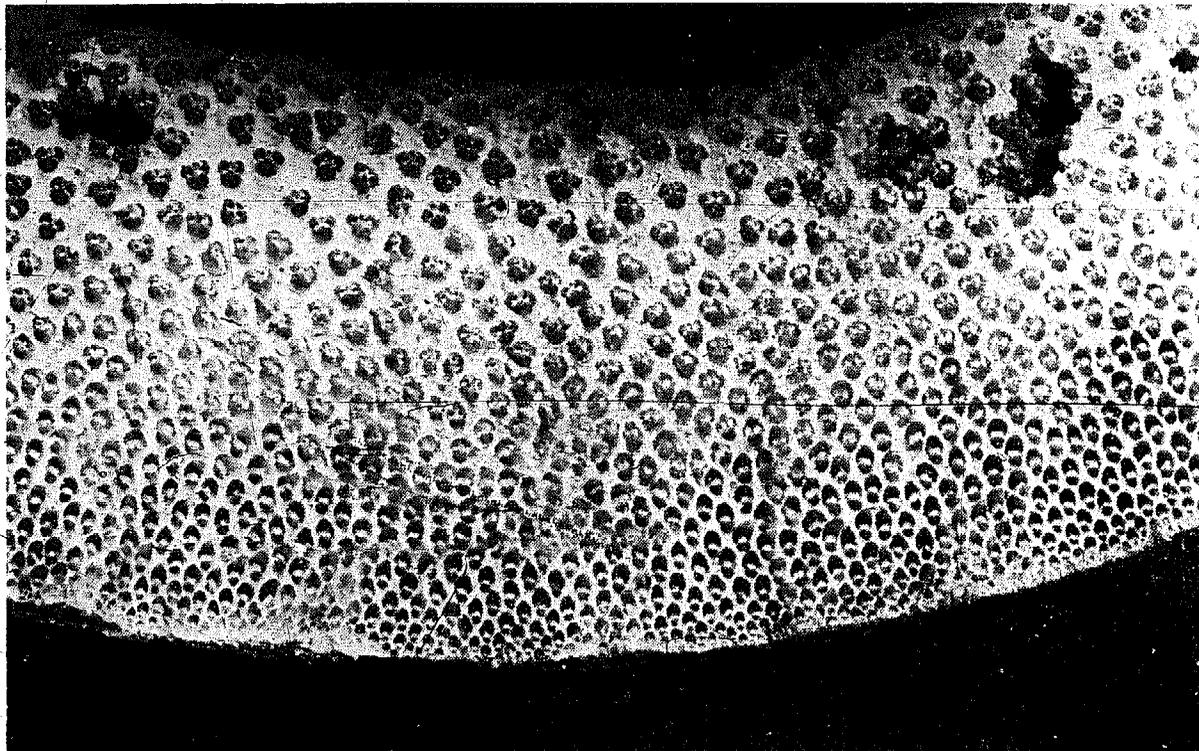


Figura 5-10. Fotografía de la sección transversal de una tablilla o lata de guadua en la cual puede verse claramente la diferencia que existe entre la zona interior y exterior de la pared. Por otra parte, la zona interna es la más atacada por los insectos, como puede observarse en la figura.

una tablilla con igual área transversal. Por otra parte se demuestra que, cuando se utilizan tablillas como refuerzo en el concreto, el 70% de su área transversal, además de que no presta ninguna función como refuerzo; disminuye considerablemente la resistencia máxima de la zona externa.

Ensayos de Tracción de las Cintas

Se ensayaron a tracción un total de 163 cintas de 50 centímetros de longitud por 10 milímetros de ancho y 3 milímetros de espesor promedio, tomadas de diferentes tramos correspondientes a la parte inferior media y superior de tallos de diferentes edades; la mitad con nudo en el centro y la otra mitad sin nudo. Sin embargo, las muestras sin nudo en el centro quedaron con nudos laterales que en la mayoría de los casos coincidían con los agarres de la máquina. Del análisis de los resultados se obtuvieron los siguientes datos:

a. De las muestras que se ensayaron sin nudo en el centro sólo 8 fallaron por tracción

en el entrenado, con una resistencia máxima a la tracción de 2.068 kgrs./cm² y mínima de 1.217 kgrs./cm². El mayor número de fallas se presentó por tracción en el nudo y por otras causas que se indican a continuación sobre una base de 163 muestras ensayadas:

- 5% por tracción en el entrenado
- 46% por tracción en el nudo
- 6% por esfuerzo cortante
- 11% por esfuerzo cortante y tracción
- 17% por tracción en el nudo dentro del agarre.
- 15% por desgarramiento dentro del agarre

b. La máxima resistencia a la tracción obtenida fue de 3.213 kgrs./cm² en una muestra sin nudo en el centro, tomada del tramo superior "D" de 3½ años de edad, la cual falló por tracción en el nudo dentro del agarre. La mínima fue de 1.017 kgrs./cm² en una muestra sin nudo en el centro tomada del tramo superior "C" de un bambú de 5 años, la cual falló por tracción dentro del agarre. La resistencia promedio fue de 1.919 kgrs./cm².

La distribución de los resultados fue la siguiente:

4.3%	entre 1.017 y 1.249 kgrs./cm ²
9.2%	1.250 y 1.499 "
27 %	1.500 y 1.749 "
23.3%	1.750 y 1.999 "
12.9%	2.000 y 2.249 "
9.2%	2.250 y 2.499 "
9.8%	2.500 y 2.749 "
2.4%	2.750 y 2.999 "
1.9%	3.000 y 3.213 "

c. Algunos investigadores consideran que la resistencia del bambú decrece con la altura o sea que es menor en el extremo superior que en el basal. Sin embargo, en estos experimentos no se encontró una marcada diferencia que pudiera ratificar este concepto; por el contrario, en algunos casos el tramo superior resultó con mayor resistencia que los inferiores.

d. También se ha creído que la resistencia a la tracción aumenta paralelamente con la edad, lo que sólo se comprobó en un 20% aproximadamente de las muestras. Hubo muestras como las tomadas de una guadua de un año de edad que dieron valores tan altos como 3.018 y 3.206 kgrs./cm².

e. Se observó que la resistencia a la tracción comienza a decrecer en la guadua entre los 5 y los 6 años de edad.

Módulo de Elasticidad a la Tracción

El módulo de elasticidad a la tracción obtenido en 65 muestras varió entre 135.000 kgrs./cm²; que es aproximadamente la misma del concreto, y 277.000 kgrs./cm². El módulo de elasticidad promedio fue de 215.000 kgrs./cm². Comparando estos valores con los obtenidos en los experimentos realizados en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional en Bogotá, que se indicaron anteriormente, podemos observar que el módulo de elasticidad en las cintas es mucho mayor que en las tablillas.

Ensayos de Compresión

Se ensayaron a compresión un total de 76 muestras consistentes en cilindros cortados de diferentes tramos correspondientes a la parte inferior, media y superior de tallos de guadua de distintas edades. De cada uno de estos tramos se sacaron dos muestras, una con nudo en el centro y otra del entrenudo. Cada cilindro se cortó con una altura equivalente a 10 veces el espesor de su pared, de acuerdo a lo recomendado por otros investigadores. Del análisis de los resultados se obtuvieron los siguientes datos:

a. Quizás por la poca altura de las muestras, que fluctuaba entre 8 y 20 centímetros, no se observó que el nudo incrementara su resistencia a la compresión. La máxima y mínima resistencia a la compresión que se obtuvo en muestras sin nudo en el centro fue de 705 y de 226 kgrs/cm² respectivamente, y en las muestras con nudo en el centro de 636 y 261 kgrs./cm².

b. Contrario a lo que siempre se ha creído, se observó que la resistencia a la compresión en la guadua aumenta con la altura. Por ejemplo, la máxima resistencia lograda en muestras con y sin nudo en el centro, indicadas en el ítem anterior, se obtuvieron de muestras sacadas del tramo superior "D" y las de más baja resistencia del tramo inferior "A".

c. Se observó que la resistencia a la compresión aumenta paralelamente con la edad de la guadua, en la mayoría de los casos. Por ejemplo, la resistencia máxima de 705 kgrs/cm² se obtuvo en una guadua de 6 años, y la mínima de 261 kgrs/cm² en una guadua de un año.

Esfuerzo Cortante

Se ensayaron un total de 27 muestras a esfuerzo cortante tomadas de guaduas de diferentes edades. Estas muestras fueron cortadas en forma de escalera con las dimensiones recomendadas por Motof Otta en sus "Studies on the properties of Bamboo Stem, No. 12", que se indican en el dibujo. Los re-

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

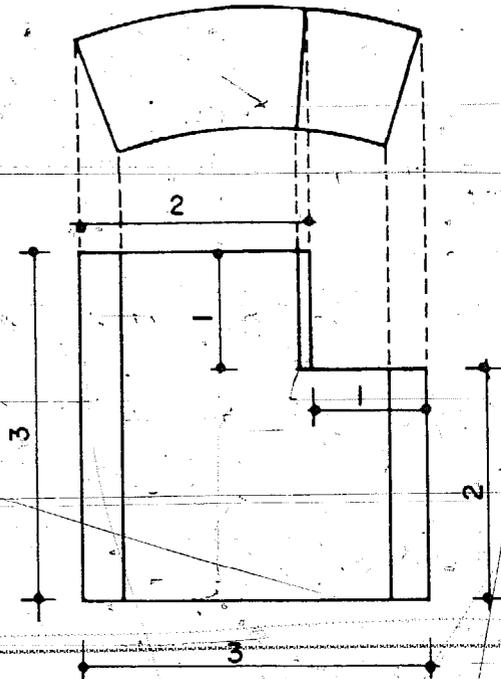


Figura 5-11. Muestra para ensayos de esfuerzo cortante del bambú.

Cambios Dimensionales Producidos por la Humedad.

Como se anotó anteriormente, uno de los problemas más graves que tiene el bambú cuando se emplea como refuerzo es que, al embeberse en la mezcla de concreto absorbe parte del agua de ésta, aumentando de volumen, y posteriormente al secarse se contrae, rajándose y perdiendo su adherencia con el concreto.

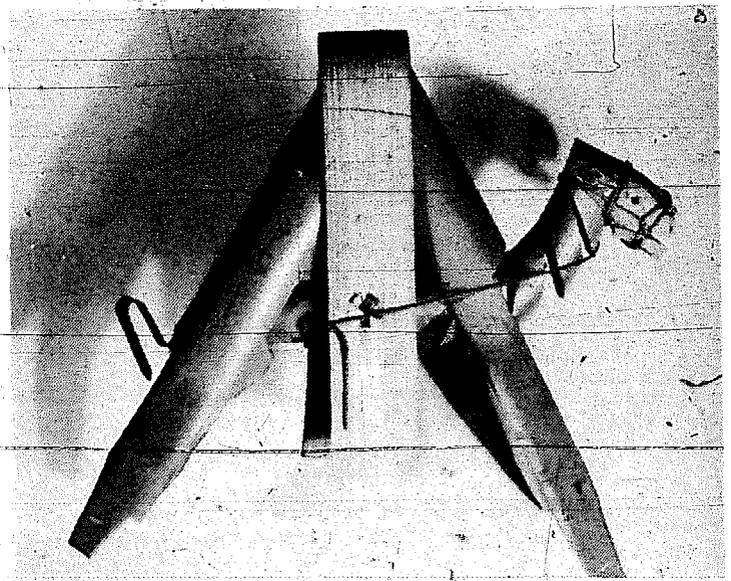
Con el propósito de determinar estos cambios dimensionales en la guadua, se sumergieron en agua por espacio de ocho días: secciones de tallos completas o cilindros, tablillas completas, zonas blandas de tablillas (parte interna) y cintas correspondientes a la zona externa, las cuales fueron observadas y medidas cada 24 horas con los siguientes resultados:

Muestras	Incrementos	
	En 24 horas	En una semana
CILINDROS		
Diámetro externo	2.5 %	5 %
Espesor de la pared	5 %	13 %
Longitud	-	-
TABLILLAS		
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 presentaron 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 entrenudo que en los nudos.

Figura 5-12. Los cambios de volumen que afectan a la guadua o al 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.



CONCRETO REFORZADO CON CABLES DE GUADUA

Con el fin de establecer una comparación entre el empleo de tablillas y cables hechos con cintas de guadua como refuerzo en el concreto, se ensayaron un total de 26 vigas de 2.20 metros de largo por 12 centímetros de ancho y 20 centímetros de altura. Las vigas se fundieron en grupos de tres, en cada uno de los cuales se utilizaron como refuerzo tablillas y cables obtenidos de una misma guadua. En la viga No. 1 se utilizaron tablillas 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.

Como refuerzo superior se utilizaron siempre 2 tablillas de 12 milímetros de ancho por 5 de espesor promedio, sin tener en cuenta la edad.

Las tablillas se cortaron de los tramos "C" y algunas del "D". 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.

Elaboración de los Cables

Los cables de guadua se elaboraron con cintas obtenidas de la zona periférica de los tramos "B" los cuales se dividieron radial y longitudinalmente, en tablillas, utilizando para ello una cortadora radial. Posteriormente se les quitó la parte blanda interior y se emparejaron a un ancho de un centímetro o más y a un espesor variable entre 3 y 7 milímetros.

Inicialmente se elaboraron cables trenzados sin núcleo pero debido a las dificultades para entretrejer las cintas obtenidas de guaduas mayores de un año, como al hecho de que este tipo de cable 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.



Figura 5-13. Cortadora radial para cortar la guadua en tablillas o latas de un mismo ancho. Fue fabricada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de Palmira.

Figura 5-14. Cable trenzado sin núcleo, hecho con cintas de guadua.

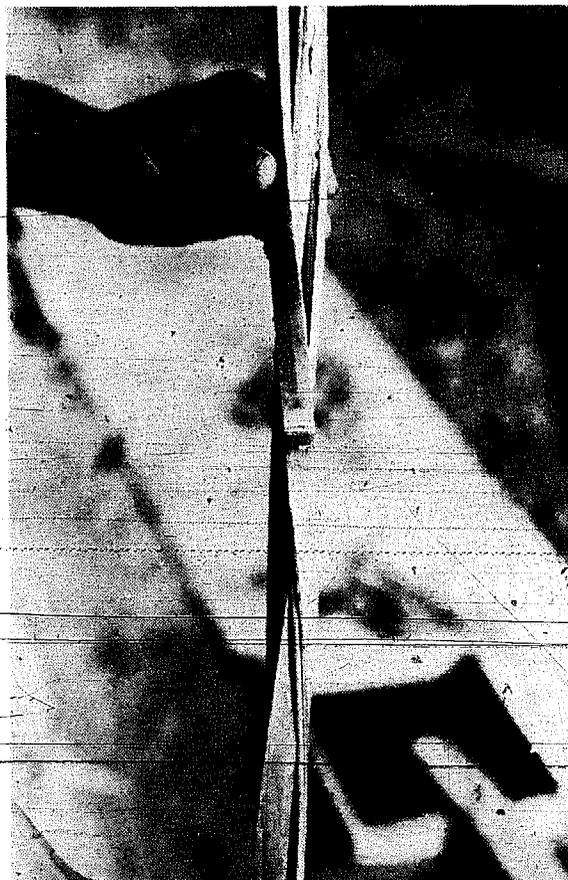


Figura 5-15. Cable hecho por torsión de varias cintas de gauda.



Los cables por torsión se hacen siguiendo el mismo principio utilizado por los campesinos para elaborar sus cuerdas o lazos de fique, en los cuales se emplean dos o más cordeles de este material. Los cordeles se juntan por uno de sus extremos formando un haz el cual se hace girar al mismo tiempo y en el mismo sentido que los extremos libres. Esta operación, generalmente la hace el campesino en posición sentado, colocando los cordeles sobre la pierna derecha y haciéndolos girar al mismo tiempo, colocando 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 fijan a una tabla que tiene un número igual de ranuras distribuidas en la periferia de un círculo dibujado con un lápiz como se ve 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 que facilite 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 3 ó 4 vueltas por metro lineal, teniendo el cui-



Figura 5-16. Grupo de estudiantes colaborando en la elaboración de los cables por torsión.

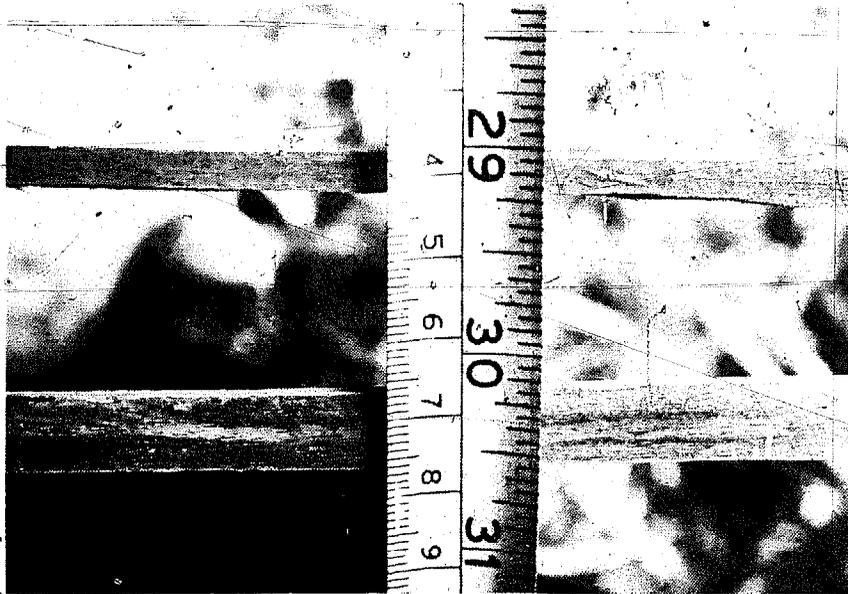


Figura 5-17. Las cintas se cortaron de diverso ancho y espesor, según el área de refuerzo requerida.

dado 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 donde la cinta tiene menor espesor produciendo la separación de las fibras o la rotura de las mismas: si ello lle-

gara 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, formando el cable, posteriormente se amarran sus extremos

Figura 5-18. Uno de los extremos de las cintas se fija en forma circular a una pieza de madera.

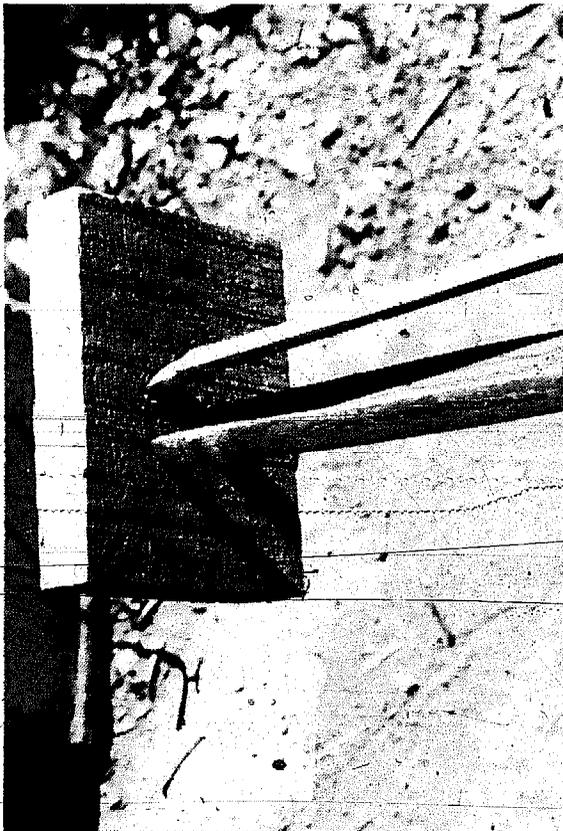
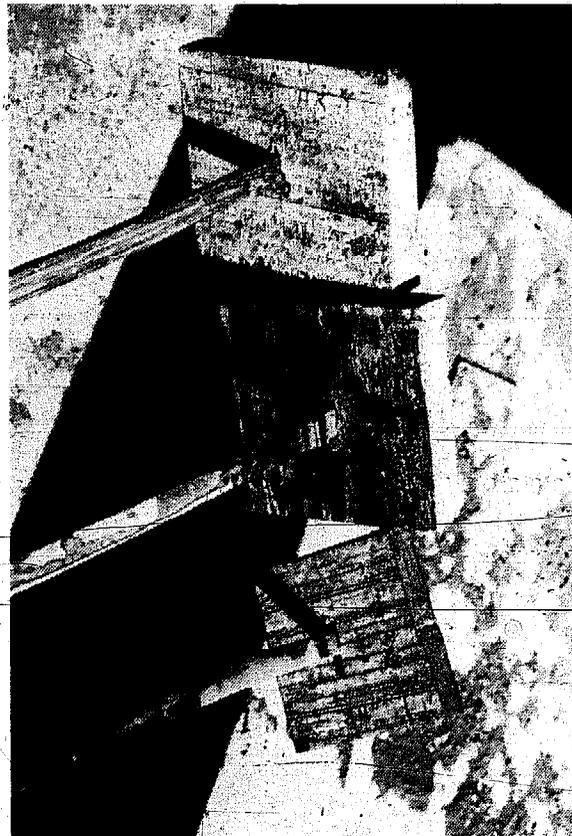


Figura 5-19. Los extremos opuestos se fijan a pequeñas piezas de madera, en la forma como se indica en la figura. Estas piezas se gran en el mismo sentido.



Elaboración de los Estribos

En todas las armaduras se utilizaron estribos hechos con cintas de 10 milímetros de ancho por 3 de espesor obtenidas de guaudas de 7 a 9 meses de edad, periodo en el cual el bambú es muy flexible y puede doblarse fácilmente.

Los estribos se hicieron de 16 centímetros de alto por 8 de ancho con el fin de que el recubrimiento fuese de 2 centímetros por todos los lados.

Para elaborar los estribos, se utilizó una guía de madera con el fin de que estos tuviesen la misma forma y dimensión. Para facilitar el doblado de la cinta, los vértices de la guía se cortaron diagonalmente.



Figura 5-20. Guía de madera para elaborar los estribos.

Figura 5-21. Colocación de la cinta.



Figura 5-22. Amarre de la cinta. El alambre se pasa por las ranuras.





Figura 5-23. Cortado de la cinta



Figura 5-24. Estribo terminado.

El Amarre del Castillo

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



Figura 5-25. Gancho y alambre utilizados en el amarre del castillo.

Figura 5-26. Colocación del cable de refuerzo dentro del estribo.

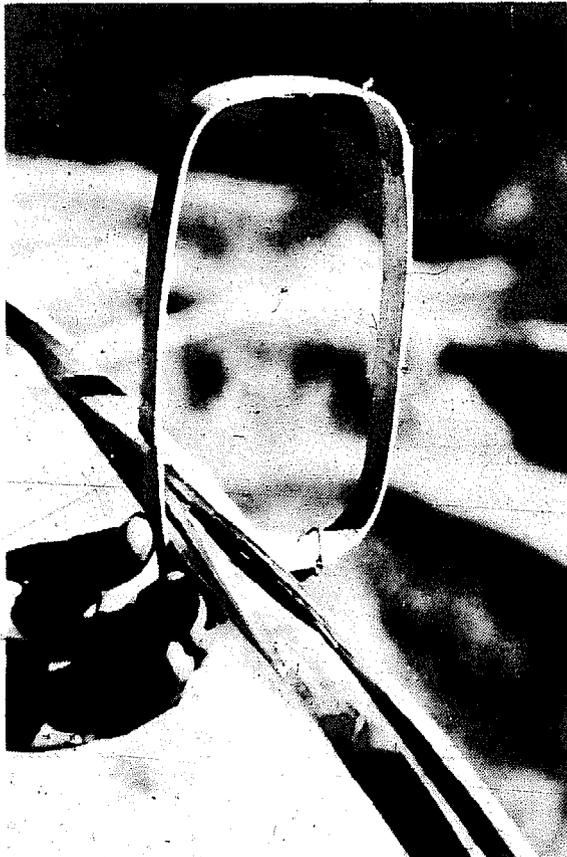
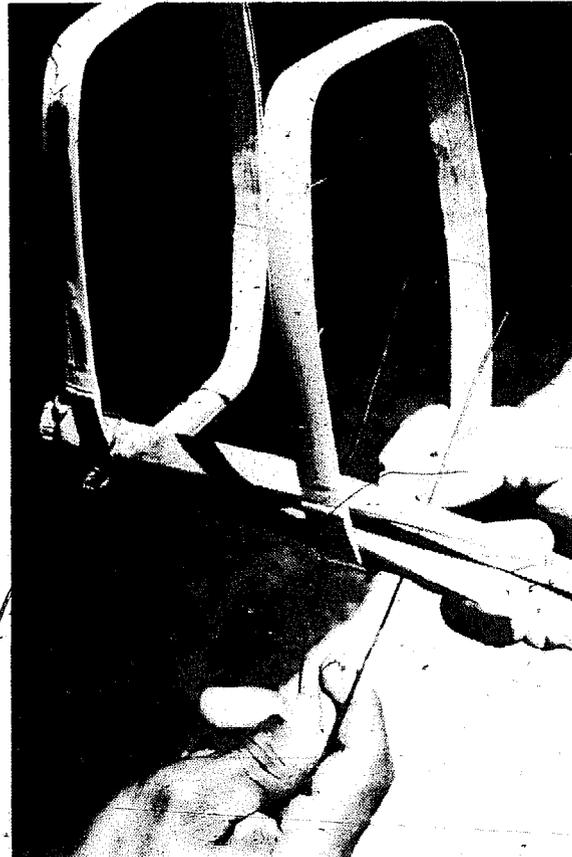


Figura 5-27. Colocación del alambre para iniciar el amarre.



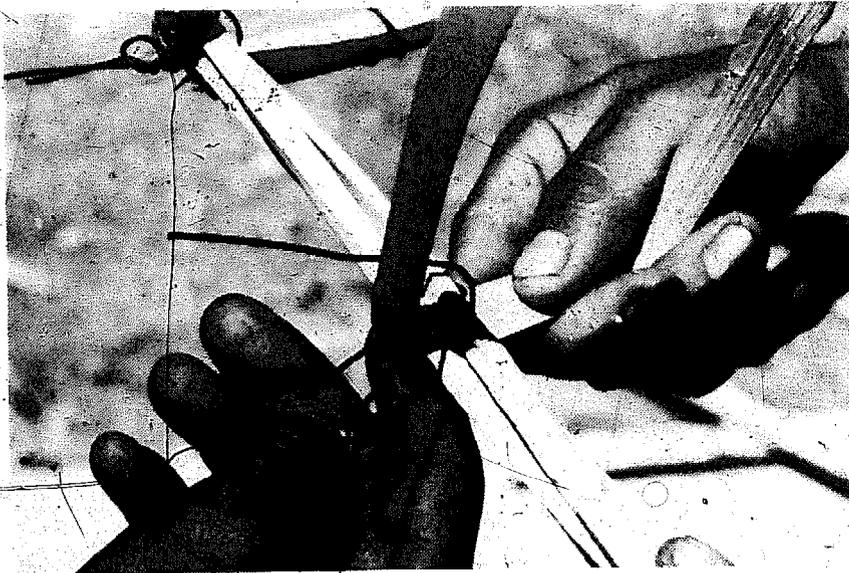


Figura 5-28. Doblado diagonal de los extremos del alambre.

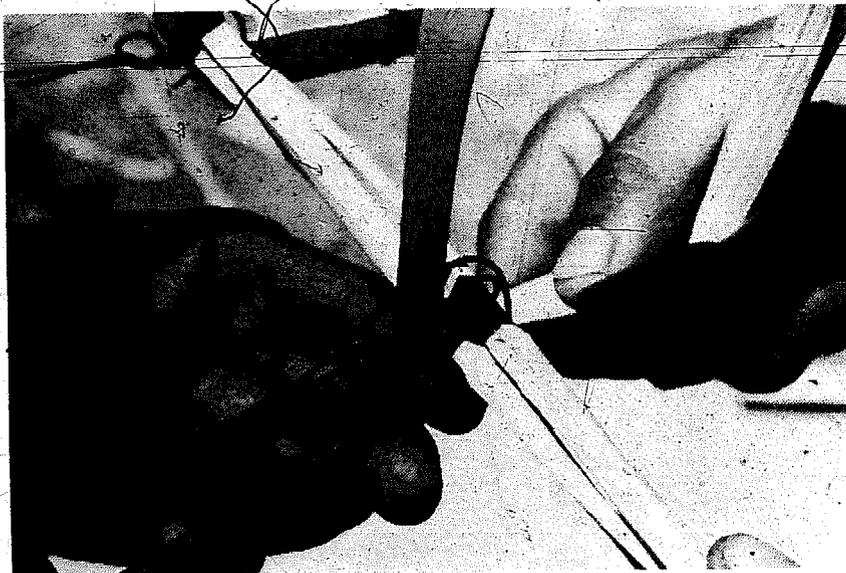


Figura 5-29. Forma de colocar el gancho.

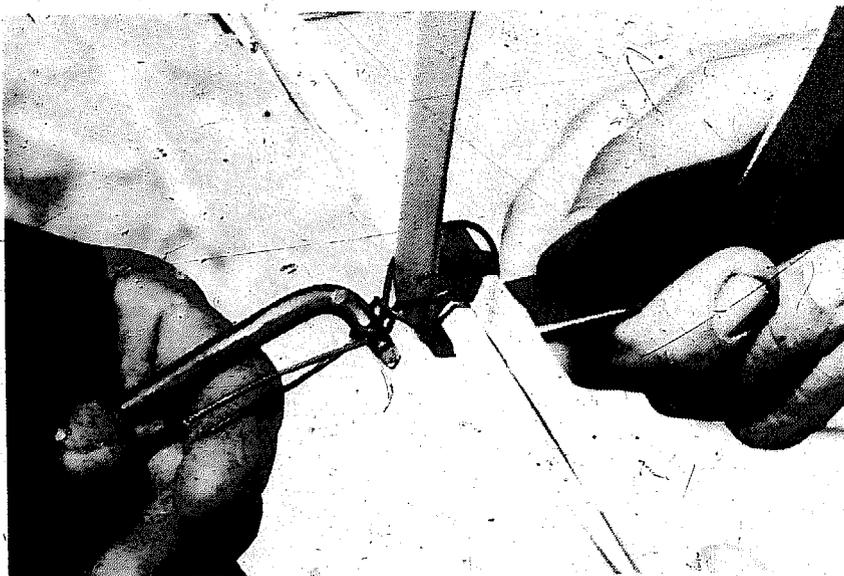


Figura 5-30. Torsión del alambre con el gancho.

Diferentes Tipos de Armaduras ensayadas

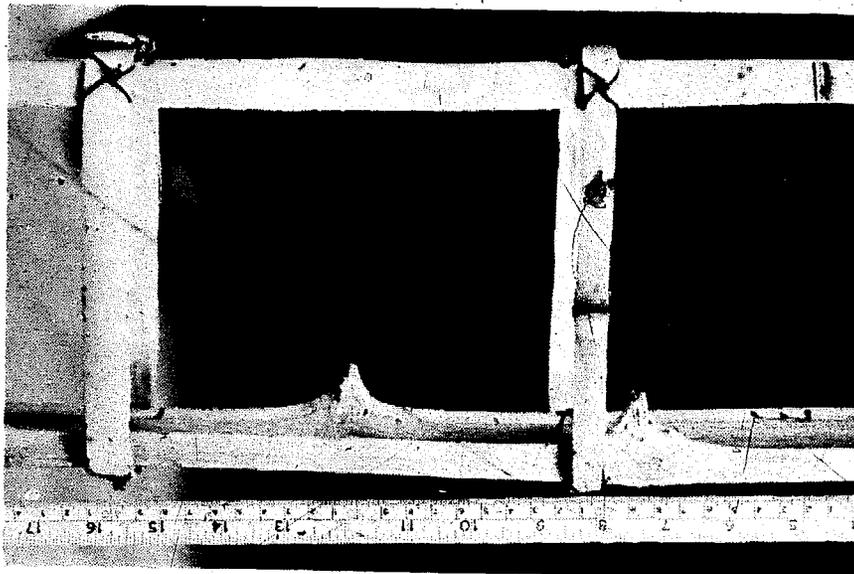


Figura 5-31. Armadura con refuerzo de tablillas colocadas horizontalmente.



Figura 5-32. Armadura con refuerzo de tablillas colocadas verticalmente.

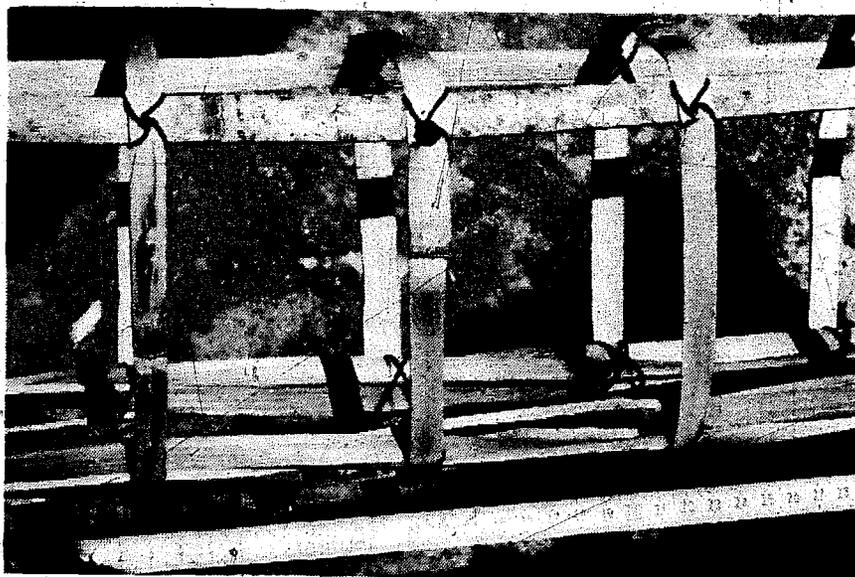


Figura 5-33. Armadura reforzada con cables.

Mezcla de Concreto Utilizada

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

Cemento	290 kilos
Agua	175 litros
Arena	755 kilos
Balasto	1.230 kilos

Esta mezcla, que corresponde a una proporción 1:2.6:4.24 por peso, dio una resistencia promedio a los 7 días de 1.250 lbs./pul.² y de 2.157 lbs/pul.² a los 28 días.

El cemento utilizado fue el Portland tipo I, conocido con el nombre comercial de Conquistador. Se emplearon como agregados balasto y arena de río teniendo en cuenta que estos materiales pueden obtenerse fácilmente en las zonas rurales.

Figura 5-34. Colocación de la armadura dentro de la formaleta de madera.

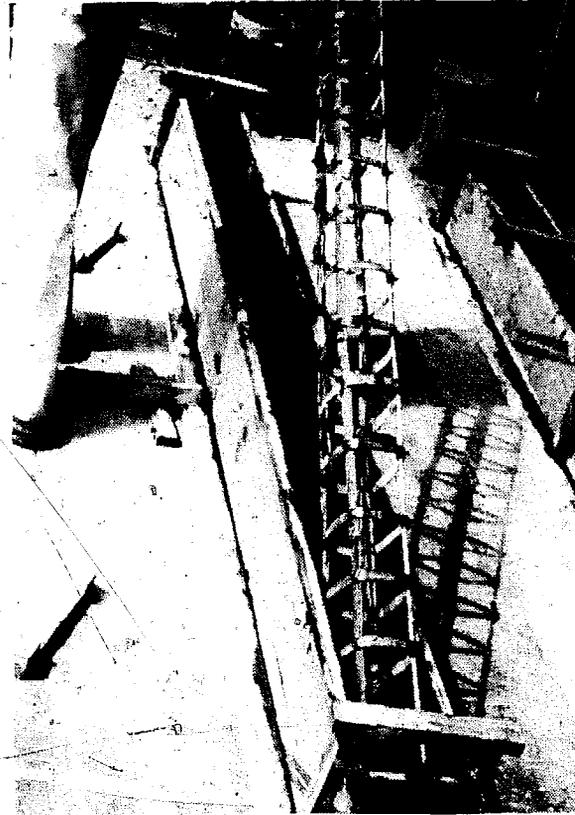


Figura 5-35. Fundido de las vigas de concreto.



Figura 5-36. Para lograr una distribución pareja del concreto en la viga, la formaleta se golpea exteriormente con un martillo de caucho u otro elemento similar.





Resultados de los Ensayos de las Vigas de Concreto

Todas las vigas se ensayaron a los 28 días de fundidas. Con este propósito se colocaron sobre soportes con una luz o separación de 2 metros entre centros y luego sometidas a una

carga concentrada en el centro de la viga. Los resultados de estos ensayos se indican en el cuadro siguiente:

CUADRO II RESULTADOS DE LOS ENSAYOS A FLEXION DE LAS VIGAS

Grupo y Edad	Separac. estribos	Viga número	Area del refuerzo			Carga Máxima Kgrs
			Tabl. H	Tabl. V.	Cable	
A-2 10 meses	36	1	8.1			771
		2		7.2		961
		3			3.6	1.179
B-3 1 año	18	1	4.32			816
		2		4.32		961
		3			4.5	1.179
C-4 1½ años	18	1	3.6			907
		2		3.6		929
		3			4.5	1.179
D-5 2 años	18	1 (d)	10.56			mal fundida
		2 (d)		10.12		1.587
		3 (d)			9.00	1.723
E-6 2½ años	10	1 (d)	11.52			2.086
		2 (d)		11.20		2.177
		3 (d)			11.17	2.222
F-7 3 años	10	1 (d)	10.21			1.814
		2 (d)		10.31		1.769
		3 (d)			10.48	2.041
G-8 3½ años	10	1 (d)	3.87			1.224
		2 (d)		3.87		1.360
		3 (d)			3.64	1.859
H-9 4 años	10	1	3.70			1.768
		2 (d)		4.19		1.603
		3 (d)			4.76	1.723
I-9 4 años	10	3a.	3 cables por torsión			1.134
		3b	3 cables trenzados			1.043

(d) = doble hilera de refuerzo

Tabl. H. = Tablilla de refuerzo colocada horizontalmente.

Tabl. V = Tablilla de refuerzo colocada verticalmente.

Ensayos de Adherencia

La máxima adherencia en el concreto, obtenida con los cables de guadua fue de 18.22 kgrs./cm²; y la mínima de 6.42 kgrs./cm². En las tablillas la adherencia fue de 5.09 kgrs./cm².

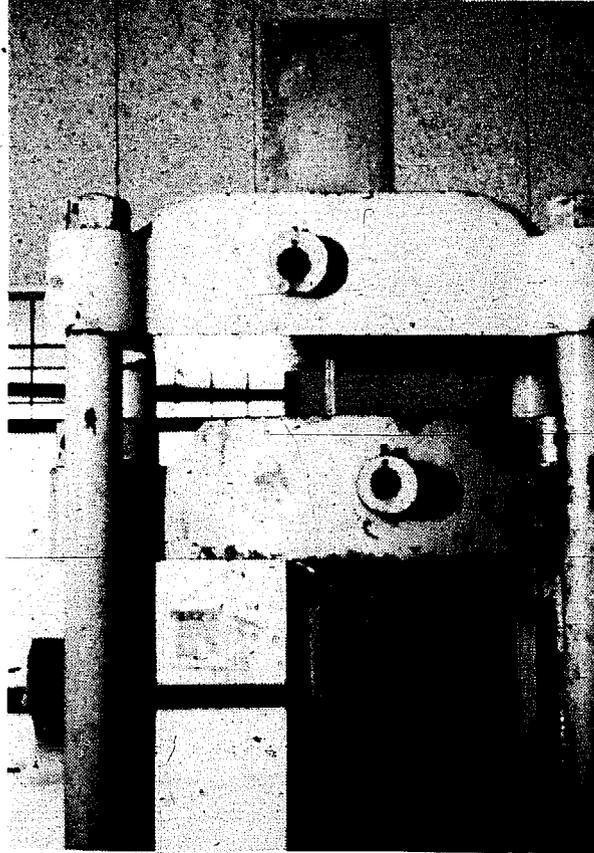
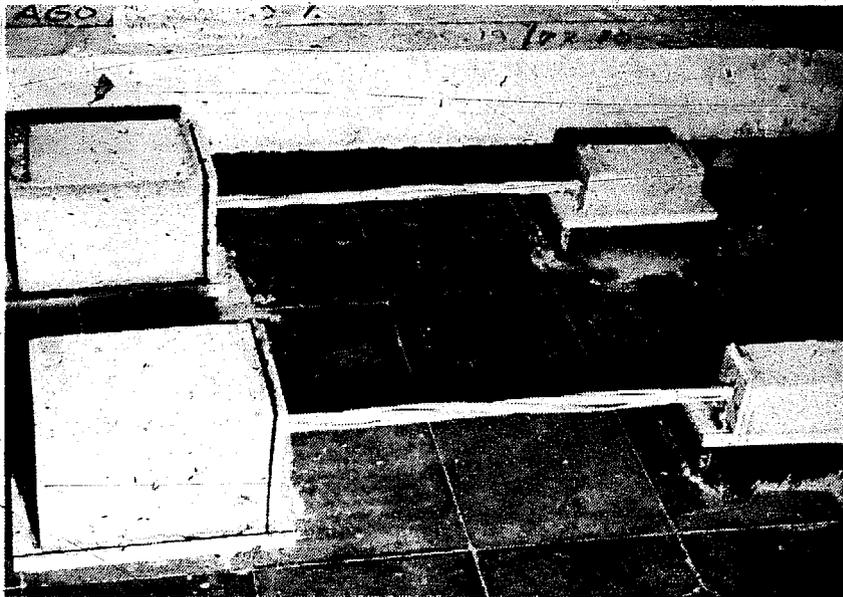


Figura 5-40. Ensayo de adherencia de los cables en el concreto.

Figura 5-41. 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.



VENTAJAS DE LOS CABLES DE BAMBU

Teórica y experimentalmente se ha comprobado en esta investigación 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 ahora han hecho inoperantes el uso de tablillas y de cañas de bambú como refuerzo en el concreto, comprobándose que tienen mayor resistencia a la tracción, mayor adherencia con el concreto por tener menores cambios dimensionales y mayor capacidad de refuerzo como se resume a continuación:

1. Mayor resistencia a la tracción

A pesar de las dificultades que se encontraron para el ensayo a 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 1.452 kgrs./cm², la que podría ser mucho mayor si se tiene en cuenta que la resistencia máxima obtenida en las cintas fue de 3.213 kgrs./cm². En base a lo anterior es posible que los cables hechos con cintas de guadua puedan superar la resistencia de los cables utilizados por los chinos en la construcción de puentes colgantes que, según Meyer (1937) tenían una resistencia de 1.828 kgrs./cm².

Por otra parte, como se demostró anteriormente, un cable hecho con cintas de guadua tiene mayor resistencia a la tracción que una tablilla de igual área transversal, por esta razón la capacidad de carga de las vigas reforzadas con cables de guadua es mayor que la reforzada con tablillas como se ha comprobado en estos experimentos.

2. Mayor adherencia con el concreto

Sin lugar a dudas, la adherencia de los cables de guadua con el concreto es mayor que el de las tablillas y cañas de bambú debido a las entrantes y salientes que forman las cintas. Por otra parte, teniendo en cuenta que las barras de acero deformado de forma helicoidal tienen mayor adherencia en el concreto que las barras lisas, es lógico que algo similar debe ocurrir con los cables de guadua

que tienen esa forma. Lo anterior se ha demostrado en los ensayos de adherencia los cuales dieron un máximo para las tablillas de guadua de 5.09 kgrs./cm² y de 18.22 kgrs./cm² para los cables.

Por otra parte la adherencia en los cables puede incrementarse ya sea utilizando cintas más anchas, aumentando el número de cintas o adicionando piedras redondas alargadas con el fin de formar protuberancias.

3. Menores cambios dimensionales

Como consecuencia de la humedad, el diámetro de un bambú se incrementa en 24 horas en un 2.5% y el espesor de una tablilla en un 8% los cuales siguen aumentando progresivamente. En cambio en las cintas este incremento es de sólo 3.5% de su espesor y es posible que sea menor en la práctica por la presión que se hacen entre sí en el cable.

De lo anterior se deduce que no es necesario aplicar en los cables de bambú ningún tipo de tratamiento impermeabilizante de los recomendados para tablillas o cañas que se utilicen como refuerzo, lo que además de costoso puede ser peligroso en el caso de que se recubran tablillas verdes o húmedas lo que puede producir su pudrición.

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

4. Aumenta la capacidad de refuerzo

Como se indicó anteriormente, la zona de mayor resistencia del bambú ocupa sólo el 30% de la pared del bambú, 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 puede ser reemplazada por un área equivalente en cables aumentando por consiguiente la capacidad de carga de la viga.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las siguientes son las conclusiones y recomendaciones resultantes del estudio realizado sobre la utilización de 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, espesor y resistencia que nuestra especie típica la *Bambusa guadua*, conocida con el nombre vulgar de "guadua macana" o "guadua macho".

- Diferencia de resistencia entre la zona interna y externa de la pared del tallo. Se encontró que la zona externa, de la cual se obtuvieron las cintas para la elaboración del cable, 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 kgrs./cm² mientras que la externa de 2.052 kgrs./cm², lo cual corresponde aproximadamente al promedio obtenido de los ensayos a tensión de las cintas.

- La tablilla de la cual se separaron las dos zonas, debería tener una resistencia combinada promedio de 1.110 kgrs./cm², lo que se comprobó en el ensayo efectuado de la tablilla completa anexa a la anterior, sacada del mismo entrenudo, la cual dio una resistencia de 1.175 kgrs./cm².

- Lo anterior demuestra que cuando se emplean tablillas 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 3.213 kgrs./cm², o sea mayor que la del acero liso que se utiliza como refuerzo y una resistencia mínima de 1.017 kgrs./cm². La resistencia promedio es de 1.919 kgrs./cm².

- En base a los datos anteriores, un cable hecho con cintas de guadua [*Bambusa guadua* var. *castilla*] puede tener una resistencia a la tracción entre 48% y 133% mayor que una tablilla con igual área transversal.

- 7. Se comprobó que la zona más débil del tallo es la del nudo y la de mayor resistencia la del entrenudo; por ello se recomienda al elaborar los cables, que 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 interior. Por ejemplo en un bambú de 3½ años, la resistencia en el tramo superior fue de 3.213 kgrs./cm², mientras que en el inferior sólo fue de 1.715 kgrs./cm².

- Hasta ahora se ha creído en la India y en otros países del Asia que la resistencia a la tracción del bambú, aumenta progresivamente con la edad. Esto no fue comprobado y por el contrario hubo muestras de un año de edad que dieron valores tan altos como 3.018 y 3.206 kgrs./cm².

- 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 varió entre 135.000 kgrs./cm² y 277.000 kgrs./cm² o sea que el módulo de elasticidad promedio es de 215.000 kgrs./cm².

• De los ensayos a compresión realizados en 76 muestras, se obtuvo una resistencia máxima de 705 kgrs./cm², mínima de 226 kgrs./cm², y promedio de 433 kgrs./cm².

• No se observó que el nudo mejorara la resistencia a compresión. La resistencia de muestras con y sin nudo resultaron más o menos parejas.

• En los ensayos de compresión si se comprobó que la resistencia aumenta con la edad. La máxima resistencia se logró en bambúes de 7 años.

• El valor máximo del esfuerzo cortante fue de 144 Kgrs./cm² y el mínimo de 45 Kgrs./cm². El promedio fue de 93 kgrs./cm².

• En muestras de secciones de tallos, tablillas y cintas que fueron sumergidas en agua por espacio de ocho días y observadas cada 24 horas, se obtuvieron los siguientes incrementos o cambios dimensionales al cabo de las primeras 24 horas y a los ocho días, respectivamente: Diámetro externo: 2.5%-5%; espesor de la pared: 5%-13%; longitud: 0-06%; espesor de la pared en 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 sazonados.

• El aumento de volumen en los nudos fue menor que en el entrenudo, lo cual puede producir el rajado al contraerse.

• En base a lo anterior se recomienda colocar el refuerzo de bambú en agua por un tiempo

no mayor de 12 horas antes de embeberlo en el concreto.

• A pesar de las dificultades que se encontraron para el ensayo a tensión de los cables de bambú, debido al aplastamiento que produce en sus extremos el agarre de la máquina, se obtuvo en ellos una resistencia de 1.452 kgrs./cm², la que podría ser mucho mayor si se tiene en cuenta que la resistencia máxima obtenida en las cintas fue de 3.213 kgrs./cm²; por lo cual es posible que los cables hechos con guadua puedan superar la resistencia de los cables utilizados por los chinos, los cuales, según Meyer (1937) tenían una resistencia de 1.828 kgrs./cm².

• La máxima adherencia en el concreto obtenida con cables de bambú fue de 18.22 kgrs./cm² y la mínima de 6.42 kgrs./cm². En las tablillas la adherencia sólo fue de 5.09 kgrs/cm².

• Se observó que la adherencia del cable elaborado con un mínimo de tres cintas es mayor cuando se emplean cintas con anchos superiores a los cinco milímetros.

• El espesor máximo de las cintas no debe sobrepasar el de la zona de mayor resistencia de la pared del bambú.

• Al fundirse la viga, el concreto debe "chuzarse" para que la mezcla se distribuya en la formaleta y alrededor de los cables, a no ser que se disponga de un vibrador.

• La resistencia máxima de los cables de refuerzo de las vigas fue de 561.38 kgrs./cm² y la mínima de 277 kgrs./cm².

Finalmente se puede concluir que los cables de bambú abren un nuevo campo en la construcción de pequeñas estructuras rurales y de elementos estructurales monolíticos o prefabricados, con la posibilidad de utilizarlo en el pretensionamiento de los mismos lo que valdría la pena estudiar.

APLICACIONES

Construcción de Postes de Concreto para Cercas

Una de las muchas aplicaciones que puede tener el concreto reforzado con cables de guadua, o de cualquier otro bambú, es en la fabricación de postes de concreto para cercas, de 2.15 metros de longitud, con sección cuadrada de 11 centímetros de lado.

Como refuerzo se emplean 4 cables, cada uno de ellos formado por un mínimo de 2 cintas de un centímetro de ancho por 3 milímetros de espesor. Los estribos se hacen con cintas de igual dimensión, de forma cuadrada, de 7 centímetros de lado, para que tengan un recubrimiento de 2 centímetros, y se colocan con una separación de 15 centímetros.

El concreto se prepara en proporción 1.2:4 por volumen, o sea una parte de cemento, 2 de arena y 4 de balasto. Estos materiales, como el agua que se utilice deben ser limpios. (ver bambú cemento).

Figura 5-42. Los postes de concreto para cercas, reforzados con cables de bambú, pueden fabricarse ya sea con canales transversales o con perforaciones para fijar el alambre.

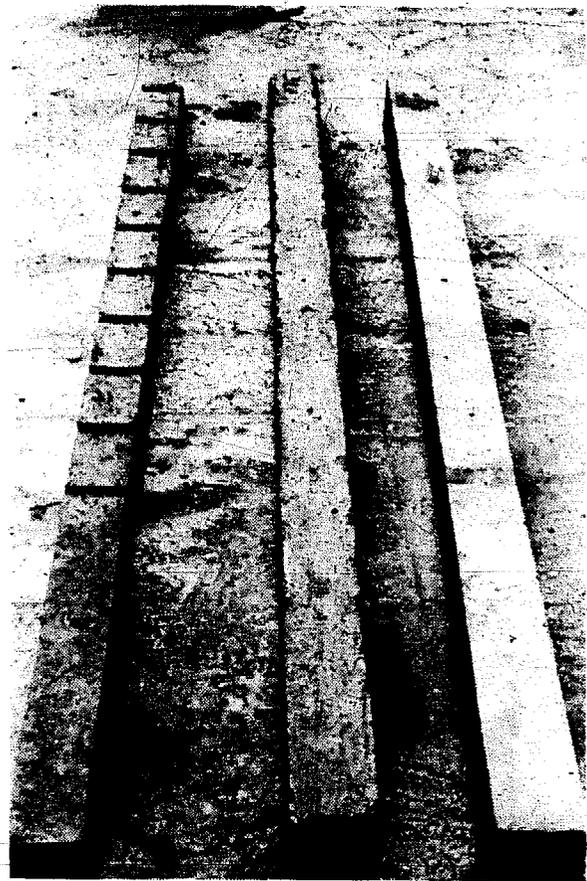


Figura 5-43. y 5-44. En cada poste se utilizan 4 cables, cada uno de ellos formado por dos cintas. El sistema para elaborar los estribos y el cable, como el amarre de estos es el mismo que se indicó anteriormente para la elaboración de las vigas o dinteles experimentales.

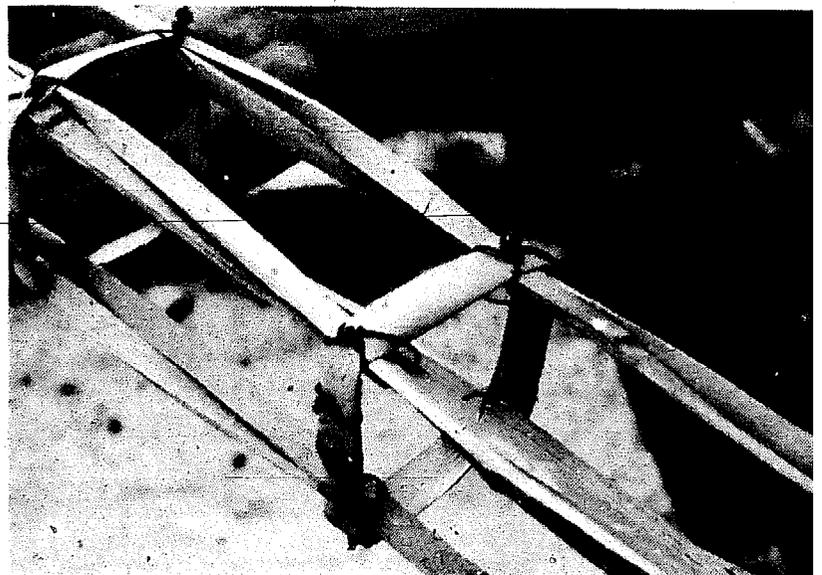
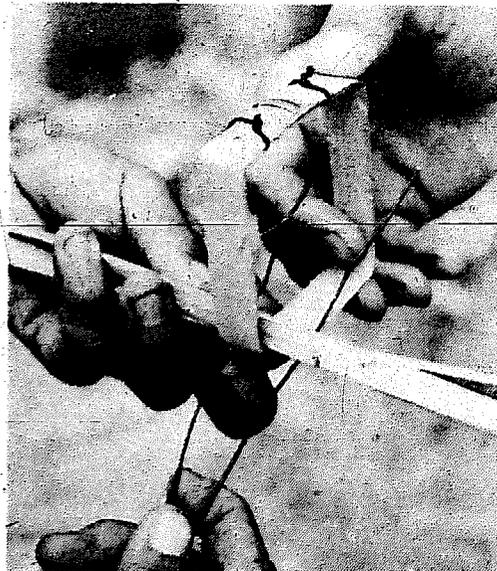




Figura 5-45. La armadura se debe hacer 5 centímetros más corta que la longitud real o total del poste.



Figura 5-46. Se obtiene un mayor rendimiento en la fabricación de postes si se utilizan varias formaletas a un mismo tiempo.

Figura 5-47. 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 "hormigueos" o zonas sin fundir.

Figura 5-48. 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 a las 8 horas de fundidos los postes.





Figura 5-49. Las formaletas pueden quitarse dos días después de fundidos 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 fundidos.

BIBLIOGRAFIA

- Anónimo, 1939. *Engineering Notes from China*, engineer (London) February 17, 1939.
- Baumann, Richard, 1912. *Versuche Über die Elastizität und Festig Keit von Bambus*, Band 56 No.6, February 10.
- Datta, K. 1936. *Versuche Über die Verwendung von Bambus im Betonbau*.
- Espinosa, J.C., 1930. *Testing, Bending and Compressive Strenght of the Common Philippine Bamboo*, Philippine Journal of Science, Vol. 41, February 1930.
- Fang, H.Y., Mehta H.C., Jolly J.D. 1976. *Study of Sulphur-Sand Treated Bamboo Pole*, New Horizons in Construction Materials, Proceedings, Volume 1, Le High University.
- Glenn, H.E., 1950. *Bamboo Reinforcement in Portland Cement Concrete*, Engineering Experiment Station, Clemson, South Carolina, Bulletin No. 4, May 1950.
- Glenn, H.E., 1956. *Seasoning, Preservative and Water-Repellent Treatment and Physical Property Studies of Bamboo*, Engineerin Experiment Station, Clamson, South Carolina, Bulletin No. 8, July 1956.
- Geymeyer, G.G., Cox, F.B. 1970. *Bamboo Reinforced Concrete*, ACI Journal, Oct., 1970
- Goodrich, L.C. *Suspension Bridges in China*. Columbia University, New York. (sino Indian Studies Vol. V. Nos. 3-4).
- Heck, G.E. 1956. *Properties of Some Bamboos Cultivated in The Western Hemisphere*, Forest Products Laboratory, Forest Service. U.S. Department of Agriculture.
- Hidalgo-López, Oscar. 1974. *Bambú, su Cultivo y Aplicaciones en Fabricación de Papel, Construcción, Arquitectura, Ingeniería y Artesanía*. Estudios Técnicos Colombianos Ltda.
- Hwang, S.H. 1956. *The True Volume Method of Determining the Specific Gravity of Sino calamus latiflorus*, Experimental Forest of National Taiwan University, Taiwan. Technical Bulletin 6 September, 1956.
- Kowalski, T.G. 1974. *Bamboo-Reinforced Concrete*, The Indian Concrete Journal, Vol. 48 No.4.
- Limaye, V.D. 1952. *Strength of Bamboo [Dendrocalamus strictus]*, Indian Forester. Forest Research Institute, Dehra Dun. November 1952.
- Masani, N.J. 1974. *Bamboo Concrete Composite Construction for Lower Cost Housing*, Proceedings of the Third International Symposium, Montreal. May. 27, 1974.
- Meyer, F. 1937. *Chinese Bridges*. Kelly & Walsh Limited Shanghai.
- Ota Motoi. Studies on the Properties of Bamboo Stem (Part 8).
- The Variation of the Specific Gravity and the Compressive Strenght of Bamboo Splint in a Node Interval*, Bulletin of the Kyushu University Forest No. 21.
- Ota, Motoi. 1953. Studies on the Properties of Bamboo Stem (Part 9).
- On the Relation between Compressive Strenght Parallel to Grain and Moisture Content of Bamboo Splint.*, Bulletin of Kyushu University Forest No. 21. Dec. 1953.
- Ota, Motoi. Studies on the Properties of Bamboo Stem (Part 10).
- On the Relation between the Tensile Strenght Parallel to the Grain and the Moisture Content of Bamboo Splint*. Bulletin of the Kyushu University Forest.
- Ota, Motoi. Studies on the Properties of Bamboo Stem (Part 12).
- On the Form of Stairtype Specimen in the Shearing Test Parallal to the Grain*, Bulletin of Kyushu University.
- Ota, Motoi. 1955. Studies on the Properties of Bamboo Stem (Part 13).
- On the Relation between Shearing Strenght Parallel to Grain and Moisture Con-*

tent of Bamboo Splint., Bulletin of Kyushu University Forest. No. 25, March 1955.

Ota, Motoi. Studies on the Properties of Bamboo Stem (Part 14).

On the Moisture Content-Strength Adjustment Formula for Bamboo, Bulletin of Kyusho University No. 26.

Pama, R.P. Durrani, A.J. Lee, S.L. A. *Study of Bamboo as Reinforcement for Concrete Pavement*.

Sekhar, A.C. Rawat, B.S. 1956. *Strength Test on Bamboos*, Indian Forest Leaflet No. 147, Forest Research Institute, Dohra Dun.

Uno Sioiti, 1932. *Studies on Bamboo Relations between Chemical Composition and Strength*. Bulletin of the Utsunomiya Agricultural College, No. 2, July 1932. Translated from German by F.A. McClure.

Youssef, M.A.R. 1976. *Bamboo as a Substitute for Steel Reinforcement in Structural Concrete*, New Horizons in Construction Materials, Proceedings, Volume 1, Lehigh University.

WEST VIRGINIA COALFIELD