

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

PROPUESTA DE UNA VIVIENDA
CON ESTRUCTURA DE BAMBÚ

MÓNICA GABRIELA CUETO LÓPEZ

Guatemala de la Asunción

2,002

**PROPUESTA DE UNA VIVIENDA CON
ESTRUCTURA DE BAMBÚ**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

PROPUESTA DE UNA VIVIENDA
CON ESTRUCTURA DE BAMBÚ

MÓNICA GABRIELA CUETO LÓPEZ

Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de
Ingeniero Civil

BIBLIOTECA
DE LA
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Guatemala de la Asunción

2,002

Vo. Bo. :
(f)

Ingeniero Alberto Pérez
Asesor

Tribunal:

(f)

Ingeniero Alberto Pérez
Asesor

(f)

Ingeniero Franklin Matzdorf

(f)

Ingeniera Tatiana Mansilla

Fecha de aprobación: 30 de mayo de 2002.

A Dios y María, por guiarme en la vida.
A mis padres, por su amor y consejos.
A mi mamá Carmen por su cariño y apoyo incondicional.
A mis hermanos, por su apoyo moral.
Al Ing. Matzdorf por su apoyo y colaboración.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	v
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE GRÁFICOS	ix
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	2
III. ANTECEDENTES.....	3
IV. OBJETIVOS.....	4
A. Generales.....	4
B. Específicos	4
V. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE LOCALIZACIÓN	5
A. Región suroccidente.....	5
B. Amenaza	5
C. Casa típica.....	8
VI. MATERIALES.....	11
A. Bambú	11
1. Características generales	11
2. Ventajas del bambú como material de construcción...	12
3. Desventajas del bambú en la construcción.....	12

4. Especie <i>Phyllostachys bambusoides</i> (nuda).....	13
5. Especie <i>Bambusa vulgaris</i>	14
6. Corte del Bambú	14
7. Propiedades Mecánicas.....	16
8. Mortero.....	18
9. Descripción	18
VII. MIEMBROS ESTRUCTURALES	19
A. Cerramiento vertical	19
1. Descripción del panel.....	19
2. Ensayo a flexión.....	21
3. Descripción del poste.....	22
4. Ensayo de flexión del poste	23
5. Ensayo de compresión del poste	25
B. Cubiertas	26
C. Conformación del sistema	30
D. Pruebas de corte para la estructura compuesta de panel y poste	33
VIII CONFIGURACIÓN DE LA CASA	35
IX. CONCLUSIONES.....	40
X. RECOMENDACIONES.....	41
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	42

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Relación requerida para el inmunizante	16
2. Propiedades mecánicas del bambú.....	17
3. Ensayo a flexión de los paneles	21
4. Ensayo a corte del panel	22
5. Ensayo a flexión de postes.....	24
6. Ensayo a compresión de los postes	25
7. Ensayo a corte del sistema de panel y poste.....	34

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1. Mapa de macrozonificación sísmica de Guatemala.....	6
2. Mapa preliminar de zonas de riesgo potencial de depósitos de nubes de ceniza de futuras erupciones del domo de Santiaguito, Guatemala.....	7
3. Planta de la casa tradicional.....	9
4. Fachada de la vivienda tradicional.....	10
5. Medidas y estructura del panel.....	20
6. Prueba de placa a flexión.....	21
7. Detalle de la columna.....	23
8. Ensayo a flexión del poste.....	24
9. Ensayo a compresión del poste.....	25
10. Colocación de clavijas en la solera superior.....	27
11. Armadura de la cubierta.....	27
12. Uniones en la estructura de la cubierta.....	28
13. Unión al centro de la estructura.....	29
14. Estructura de cimiento.....	31
15. Unión del cimiento con el poste.....	32
16. Ensayo a corte del sistema panel y poste.....	33

17.	Acabado de la estructura del sistema de placa y poste.....	36
18.	Planta propuesta para la vivienda.....	37
19.	Elevación de la vivienda	38
20.	Elevación lateral de la vivienda propuesta.....	39

I. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se propone presentar una solución estructural adecuada para una unidad habitacional que cumpla con criterio de funcionalidad, facilidad de construcción y utilizando materiales no tradicionales como el bambú.

Dado que el bambú es un recurso renovable, siempre cabe la posibilidad de sembrar más plantas de bambú, con el fin de obtener de ellas el material necesario para construir.

Para la elaboración del presente trabajo se tomaron dos especies de bambú. Una especie es la *Phyllostachys bambusoides* que ha sido utilizado como refuerzo en los paneles y la construcción de la cubierta; la otra especie es la *Bambusa vulgaris* que se ha utilizado como refuerzo para postes, de los cuales está formado el sistema habitacional. La vivienda ha sido diseñada para el área rural con clima cálido en la región suroccidental de la República. Esta área está amenazada por el volcán Santiaguito y la falla de subducción que se encuentra en la zona costera de la región.

El propósito de este trabajo es proporcionar una vivienda duradera y con un bajo nivel de vulnerabilidad ante amenazas naturales, y resistente al ataque de insectos.

II. JUSTIFICACIÓN

Vivimos en un país vulnerable a las amenazas naturales y concientes que los desastres con períodos de retorno mayor causan mayores daños a la economía del país, por la destrucción de las áreas productivas y de infraestructura, incidiendo en mayor grado en los sectores de más bajos ingresos económicos. Ya que estos sectores se encuentran ubicados en el área de mayor amenaza (orilla de ríos, laderas, etc.) (Basterrechea, 2000).

Además, los habitantes de una zona, luego de un desastre, reconstruyen su lugar de habitación en el mismo sitio inseguro y con las mismas técnicas constructivas que antes del desastre porque regularmente es el único espacio al que tienen acceso, y no conocen otra forma de construcción.

Debido a la gran demanda de vivienda que se crea después de ocurrir un desastre natural, se presenta una opción, que se estima, se podrá obtener a un precio razonable con materiales de fácil obtención en la comunidad y menor vulnerabilidad ante los mismos.

El bambú no sólo colabora con la disminución de la vulnerabilidad en la vivienda, sino es un protector del ambiente. Dentro de sus beneficios ecológicos se encuentran que su siembra puede ayudar a disminuir la erosión; además es un procesador de dióxido de carbono (CO₂) mucho más eficiente que la mayoría de los árboles del bosque tropical.

El bambú también tiene otros usos, como la fabricación de lanchas militares de desembarco, palillos para los dientes, parquet para pisos o paredes, tuberías de agua, maceteros para plantas ornamentales, también como cantimploras, andamios para construcción, etc.; pudiendo incentivar el cultivo del bambú para su uso en estas y otras actividades económicas, generando de esta manera nuevas fuentes de trabajo.

III. ANTECEDENTES

Guatemala constantemente se ve afectada por desastres naturales como terremotos, inundaciones, huracanes, derrumbes, etc. A pesar de ello, parece que se nos olvida que debemos estar preparados para los mismos.

El crecimiento poblacional y los procesos de urbanización, las tendencias en la ocupación del territorio, el creciente empobrecimiento de importantes segmentos de la población, la utilización de sistemas inadecuados en la construcción de viviendas (como el uso de adobe, teja, etc.) y en la dotación de la infraestructura básica, entre otros, han aumentado continuamente la vulnerabilidad de la población frente a una amplia diversidad de eventos físico-naturales.

Una de las necesidades básicas de los individuos, las familias y las comunidades, es un lugar seguro y confortable para vivir. Un hogar supone seguridad, confianza, privacidad y protección contra la intemperie.

El bambú está encontrando nuevas aplicaciones como sustituto de maderas en peligro de extinción y también como alternativa ante materiales más costosos.

Hoy comienza a apreciarse su potencial para detener la erosión del suelo y también para estabilizar los terraplenes en carreteras. También es importante conocer su capacidad para proveer a las áreas deforestadas de un manto vegetal protector.

El bambú pertenece a la familia de las gramíneas, lo que significa que no es una madera propiamente dicho, es madera con fibras; puede ser tan resistente como el acero, pero mucho más flexible y su costo es infinitamente menor. También se puede apreciar que con un buen tratamiento contra animales y hongos, se disminuye su vulnerabilidad de ser atacado por los mismos, especialmente al ser utilizado como cubierta.

IV. OBJETIVOS

A. Generales

1. Reducción de la vulnerabilidad a las distintas amenazas mediante el uso de materiales no tradicionales en la construcción de vivienda popular en la región suroccidental de la República.

B. Específicos

1. El uso del bambú como material de construcción alternativo.
2. Desarrollo de una tecnología de construcción de vivienda que permita atender a los sectores más necesitados del país.

V. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE LOCALIZACIÓN

A. Región suroccidente

Esta región está integrada por los departamentos de San Marcos, Retalhuleu y Quetzaltenango. El clima en estos departamentos es húmedo. Tomando como ejemplo Retalhuleu, su temperatura media anual es de 27.28 °C y tiene un promedio de lluvia de 3002.6 mm anuales. (INSIVUMEH)

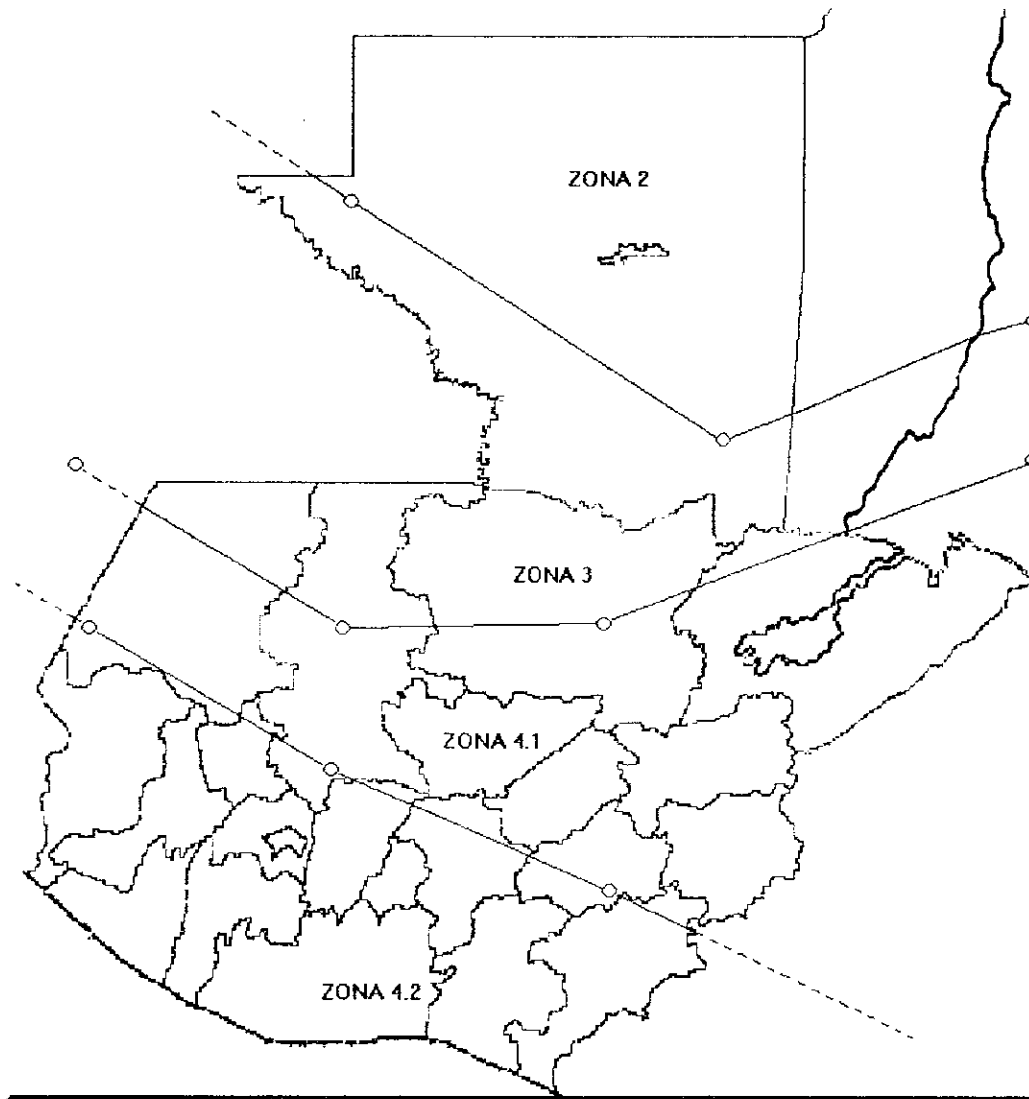
Además, el departamento tiene 261,136 habitantes de los cuales 184,223 viven en el área rural, según el censo de 1994.

B. Amenaza

El sur de la región pertenece a una zona de alta sismicidad según el Mapa de Macrozonificación Sísmica de la Norma recomendada por la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES, 1996).

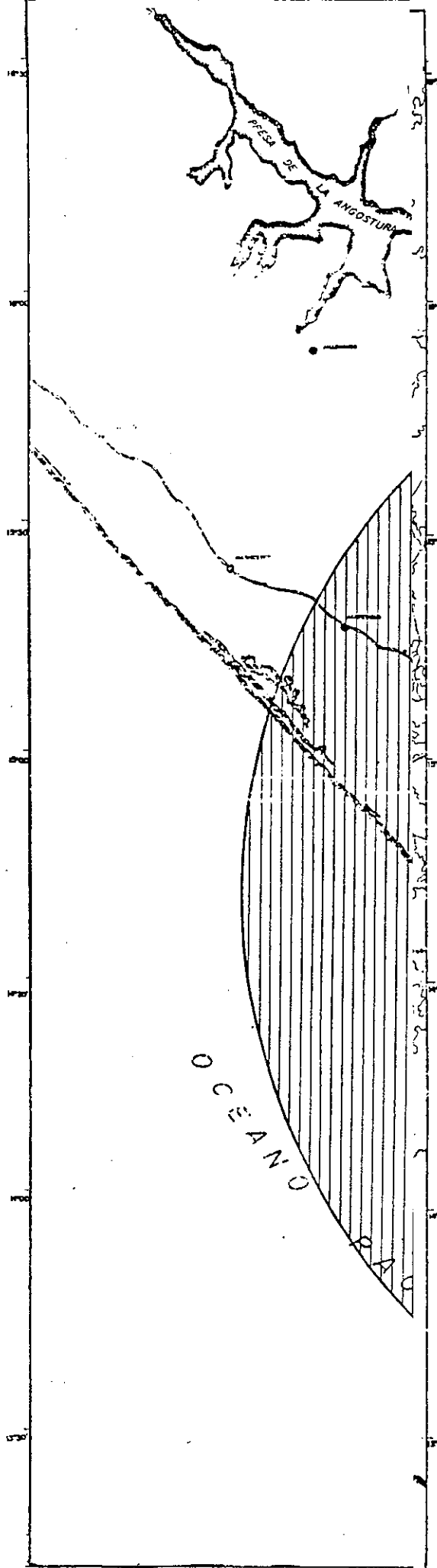
La amenaza que representa la falla de subducción que se encuentra en la parte costera de la región es bastante grande, ya que el período de recurrencia para un sismo de gran magnitud es del 10% en 50 años.

El riesgo que representa a la región el volcán Santiaguito que continuamente hace erupción, también es bastante alto, lo que afecta de varias formas a la región. Primeramente el lanzamiento de ceniza volcánica, material piroplástico, etc. (*vid.* Ilustración 2); la segunda porque afecta el cauce del río Samalá causando inundaciones.



ZONA	I.	A.	A _g	observaciones
2	2	0.10 g	0.00 g	cuando sea necesario interpolar hacerlo sobre líneas norte-sur
3	3	0.10 a 0.30 g	0.00 a 0.10 g	
4.1	4	0.30 g	0.10 a 0.15 g	
4.2	4	0.30 g	0.15 g	

Ilustración 1. Mapa de macrozonificación sísmica de Guatemala



MAPA PRELIMINAR DE ZONAS DE RIESGO POTENCIAL DE DEPOSITOS DE NUBES DE CENIZA DE FUTURAS ERUPCIONES DEL DOMO DE SANTIAGUITO, GUATEMALA.

PRELIMINARY ASHFALL HAZARD MAP FOR SANTIAGUITO DOME, GUATEMALA.

LOS CÍRCULOS ENCIERRAN ÁREAS LAS CUALES PUEDEN RECIBIR DE 25 CM, 50 CM Y 100 CM DE CENIZA DE UNA ERUPCIÓN DEL DOMO SANTIAGUITO. MAPA BASADO EN LA ERUPCIÓN PLINIANA DE 1902 (WILLIAMS & SELF, 1983) Y LA VARIABILIDAD DE LOS VIENTOS.

CIRCULAR LINES ENCLOSE AREAS WHICH COULD RECEIVE 25, 50 AND 100 CM OF ASH FROM AN ERUPTION OF SANTIAGUITO DOME. MAP BASED ON 1902 PLINIAN ERUPTION (WILLIAMS & SELF, 1983) AND THE VARIABILITY OF WINDS.


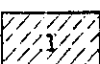
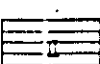

- 
 ÁREAS QUE PODRÍAN SER AFECTADAS POR CAIDA DE BOMBS BALÍSTICAS DE > 5 CM DE DIÁMETRO.
- 
 ÁREAS EN LAS CUALES PODRÍAN DEPOSITARSE 100 CM O MÁS DE CENIZA. (INCLUYE ÁREA I)
- 
 ÁREAS EN LAS CUALES PODRÍAN DEPOSITARSE 50 CM O MÁS DE CENIZA.
- 
 ÁREAS EN LAS CUALES PODRÍAN DEPOSITARSE 25 CM O MÁS DE CENIZA.

Ilustración 2.

INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA METEOROLOGIA E HIDROLOGIA
INSIVUMEH
SECCION DE VULCANOLOGIA

MAPA PRELIMINAR DE ZONAS DE RIESGO POTENCIAL DE DEPOSITOS DE NUBES DE CENIZA DE FUTURAS ERUPCIONES DEL DOMO DE SANTIAGUITO, GUATEMALA.
PRELIMINARY ASHFALL HAZARD MAP FOR SANTIAGUITO DOME.

GEOLOGIA POR: W. I. ROSE
 GEOLOGIA POR: R. MERCAUD
 GEOLOGIA POR: D. MATIAS
 GEOLOGIA POR: J. GIRON

ELABORADO POR: R. SOLIS
 DISEÑADO POR:

11044
 abril, 1988
 Abril, 1988

En la ilustración 2 se encuentran cuatro zonas definidas según la cantidad de ceniza que alcanza a depositarse en dichas áreas. La zona I, puede ser afectada por caída de bombas balísticas de diámetro mayor a cinco cm. En la zona II se puede depositar ceniza volcánica de 100 cm o más. Mientras que en la zona III se puede depositar de 50 cm o más. En la zona IV se pueden depositar 25 cm o más.

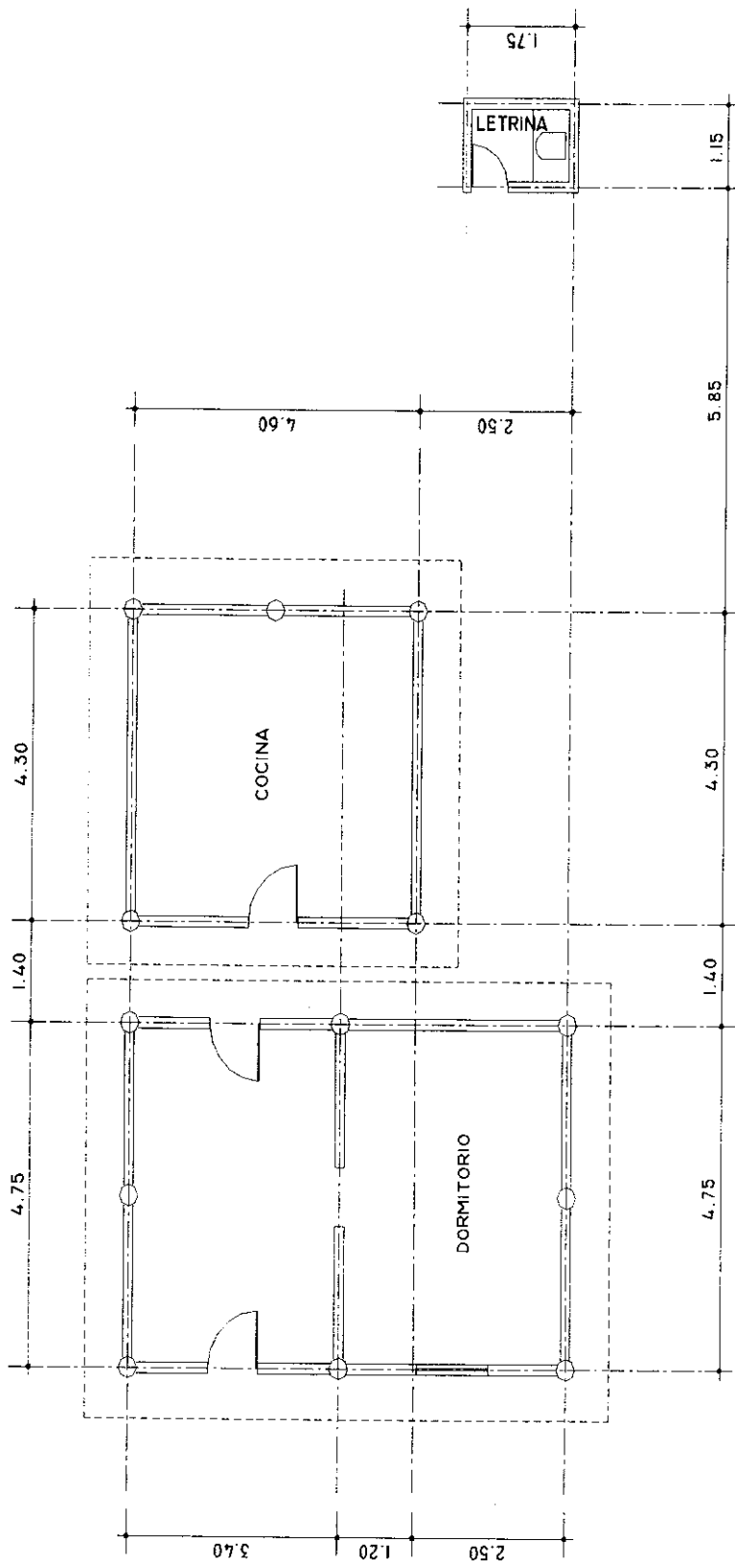
C. Casa típica

En el área del Departamento de Retalhuleu, en particular, las personas de escasos recursos que habitan en el área rural, construyen sus viviendas con vena de palma las paredes, y de mangle y palma la cubierta. Su distribución consta de dos ambientes juntos, la cocina en el patio y la letrina en un lugar más alejado del terreno. El cerramiento vertical no tiene ningún tipo de recubrimiento. (Marroquín y Gándara, 1976)

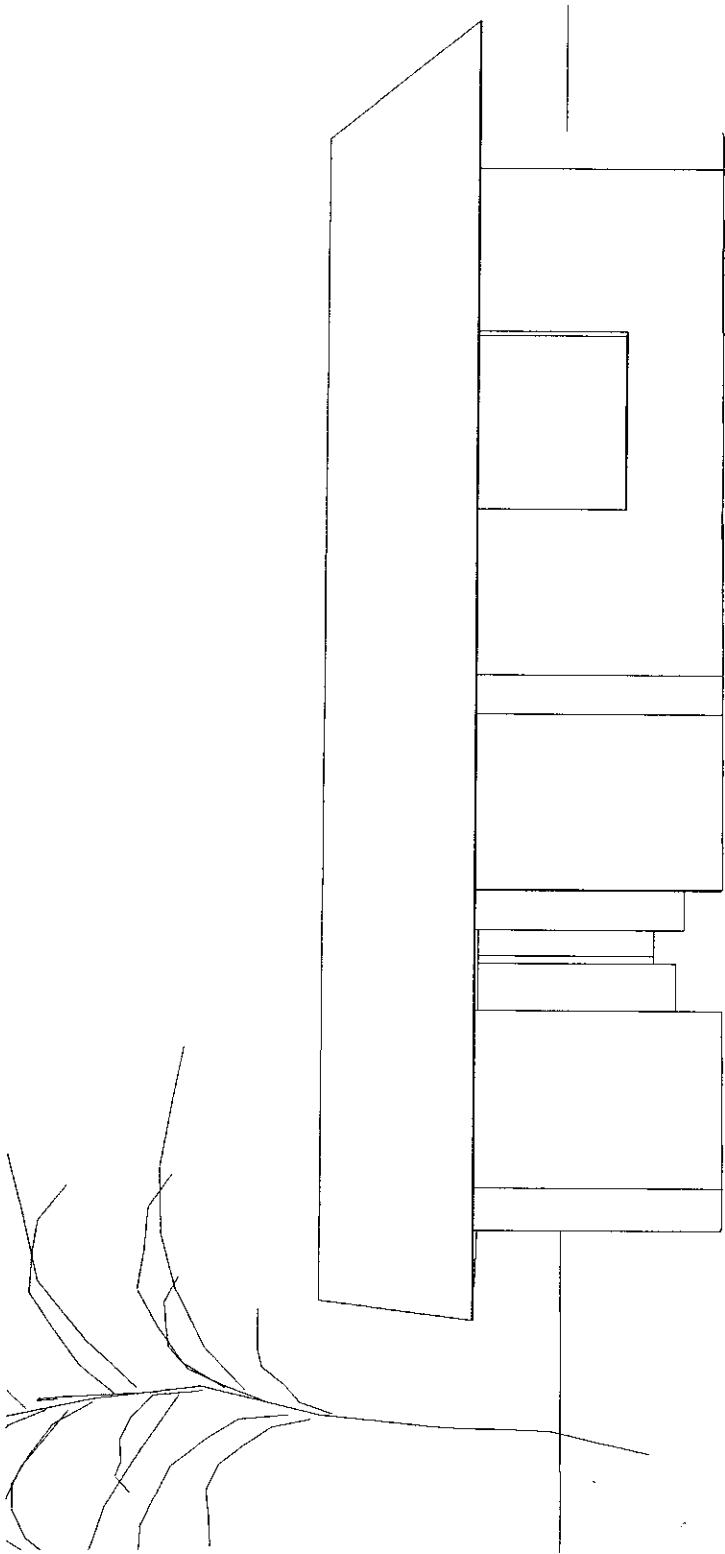
La cocina se construye alejada de las habitaciones, porque dada las altas temperaturas predominantes de la región, necesitan mantener los ambientes frescos, como se muestra en la ilustración 3.

La distribución propuesta en este trabajo se basa en el tipo de casa típico del lugar (Marroquín y Gándara, 1976); la vivienda se diseñó con dos ambientes comunicados entre sí.

El tamaño de la planta es de 7.10 m * 4.75 m. Esta es la medida promedio que se observó en varias aldeas del departamento y la que se adapta a los paneles, la distribución de la casa se puede observar en la ilustración 3. En la ilustración 4 se puede observar la fachada de la vivienda. (Marroquín y Gándara, 1976)



Planta de la casa tradicional
Ilustración 3



Fachada de la vivienda tradicional

Ilustración 4

VI. MATERIALES

A. Bambú

1. Características generales

Bambú es el nombre de común de un conjunto de plantas vivaces, leñosas, de porte arbustivo o arbóreo, que desarrollan varios culmos al año; tiene tallos largos de gran diámetro con un acabado natural y listos para usar.

Los bambúes pertenecen a la división de las angiospermas (Anthophyta), clase Monocotiledóneas, subclase Apetalas, del orden de las gramínidas y la familia de las Gramíneas (Gramineae). Se agrupan en 15 géneros y 480 especies.

Existen especies de bambú que a lo largo de su vida llegan a producir hasta 15 kilómetros de tronco útil de hasta 30 cm de diámetro.

En algunas especies tropicales gigantes, los brotes nuevos crecen despacio, pero el ritmo aumenta muy rápido y puede llegar a 60 cm diarios de crecimiento.

Ya que son plantas muy versátiles y de rápido crecimiento, logra su mayor longitud en dos o tres meses, pero su madurez tarda de dos a tres años.

Es, sin lugar a dudas, la planta que, por la diversidad de usos, puede ser en nuestra sociedad una revolución, ya que las raíces son una excelente protección de suelos y contra deslizamientos de tierra; ayudaría en la generación de empleo, ya que sirve para fabricar papel, estantería, cazos, cucharones, palillos, etc., promoviendo además la artesanía.

2. Ventajas del bambú como material de construcción

- Es un recurso natural renovable, que podría reemplazar, en parte, a la madera como material de construcción.
- Puede ser combinado con otros materiales de construcción.
- Por su forma, es un material liviano, fácil de transportar y almacenar, en forma conveniente y económica.
- La estructura física del tallo le proporciona alta resistencia en relación con su peso. En cada nudo del mismo se ubica un tabique transversal rígido y sus fibras corren en dirección longitudinal al tallo, lo que contribuye a evitar la ruptura al curvarse.
- Como los tallos no tienen corteza, tienen menos desperdicios.
- Es el recurso natural más sobresaliente en altura, resistencia y peso, lo que permite su empleo en todo tipo de miembros estructurales.
- En el campo la utilización del bambú no sólo crea una construcción resistente y económica, sino armoniza con el medio ambiente. (Ixcolín, 1999)

3. Desventajas del bambú en la construcción

- Sus dimensiones son variables, ya que es difícil obtener tallos de longitud y diámetro uniforme, lo que puede solucionarse aplicando una selección y clasificación en un número amplio de tallos.
- Tiene superficies no uniformes. Se deben seleccionar los tallos, pensando en el objetivo de su empleo. Las diferentes partes del tallo pueden ser cortadas de acuerdo a sus características dominantes y a la aplicación que va a tener en la construcción.

- Tiende a rajarse. Es recomendable usar los tallos de pared más gruesa y menos propensa a rajarse. Si es posible, cortar los extremos inmediatamente detrás del nudo, ya que tiene un coeficiente mayor de resistencia al esfuerzo de corte en los extremos que el de entre nudos.
- Poca duración. Se deben escoger especies de bambú con poca susceptibilidad a enfermedades y animales, y aplicarles un tratamiento para preservarlos del ataque de insectos, etc. Para preservar el tallo del bambú, se le debe dar la protección adecuada evitando condiciones húmedas y el contacto con el suelo, lo que se logra a través de un buen diseño.
- Defectos que se pueden presentar durante el secado del bambú. Este se contrae al ser secado lo que disminuye su diámetro, pudiendo provocar rajaduras, agrietamiento, colapso o deformaciones. Esto es evitable, prestándole bastante cuidado durante este proceso (*vid.* Inciso 6. Corte de bambú). (Ixcolín, 1999)

4. Especie *Phyllostachys bambusoides* (nuda)

El tallo en esta especie llega a medir de 6 m hasta 20 m de altura, con un diámetro que varía de 3 cm a 15 cm según la edad; los entrenudos oscilan entre 20 cm y 30 cm de largo. Esta especie es de rizoma leptomorfo. (INTECAP, 1991)

Es nativa de China y fue sembrada en la finca Chicolá, San Pablo Jocopilas, Suchitepéquez, a 720 msnm. (INTECAP, 1991)

Es apta para estructuras abiertas de techos, para paredes con cañas enteras y medias cañas, para cubiertas de techos, encofrados para concreto, ataduras, entre otras. (CIV, 1956)

5. Especie *Bambusa vulgaris*

Es la especie más común de bambú. Su altura puede oscilar entre 10 m y 20 m, el diámetro de su tallo llega a medir de 5 cm a 15 cm en condiciones óptimas. Los entrenudos pueden medir de 20 cm a 40 cm y las paredes desde 0.5 cm hasta 1.5 cm de grosor. Sus tallos tienen una forma ligeramente en zigzag y con ramas numerosas en cada nudo. (INTECAP, 1991)

En Guatemala se puede encontrar en la finca Chicolá, en Jutiapa y en la finca Rancho Alegre del municipio Río Bravo en Suchitepéquez. (Ixcolín, 1999)

La *Bambusa vulgaris* es nativa de Madagascar y la India, su rizoma es del tipo paquimorfo.

Puede darse en dos colores distintos de tallos: completamente verde y verde estriado de amarillo. Es susceptible de ser invadido por los *Dinoderus*, el taladro de los postes. (INTECAP, 1991)

Es utilizable como estructura para paredes, listones y cubierta de techos. (INTECAP, 1991)

6. Corte del bambú

a. Edad apropiada para el corte

Desde el sexto año de libre crecimiento se pueden cortar los tallos de bambú de cuatro a cinco años de edad. A partir del octavo año de libre crecimiento, se pueden cortar los tallos de tres años de edad. Se puede seguir cortando anualmente, lo que ayuda a que se extienda el bambú, por medio de la extensión de los rizomas. (INTECAP, 1991)

b. Época de corte

1) Rizoma tipo Paquimorfo

Teóricamente, para cosechar el bambú, el periodo más apropiado es al detenerse su crecimiento. Si se corta en el momento del crecimiento de los tallos tiernos, se puede influir negativamente en la extensión lateral y el crecimiento del rizoma. Generalmente se puede cosechar desde noviembre hasta febrero del año siguiente. (INTECAP, 1991)

2) Rizoma tipo Leptomorfo

En época de brote no es apropiado el corte del bambú para evitar mala influencia sobre el crecimiento del rizoma. El momento más apropiado para cortar es de octubre a enero, que no afecta el crecimiento de la planta. (INTECAP, 1991)

El corte debe realizarse preferiblemente antes del amanecer, es decir, durante la noche, porque la temperatura es fresca y hay poca luz, por lo que la transpiración es mínima y el tallo no tiene mucha agua.

Los tallos maduros (de cinco a seis años) tienen mayor resistencia al deterioro que los tallos más jóvenes.

Entre los factores que afectan el secado están:

- la especie
- las condiciones de secado
- la posición de la muestra respecto al tallo
- el espesor de la pared del tallo
- el grado de madurez del mismo. (Morales, 1983)

Según la especie, el bambú puede ser más resistente o tener tendencia a rajarse, recomendándose el uso de especies más resistentes. (Morales, 1983)

Por las condiciones de secado, puede perder resistencia a la compresión, ya que disminuye su diámetro. (Morales, 1983)

Otros tipos de tratamientos son el baño caliente y el baño frío. Estos se pueden dar con una mezcla inmunizadora de bórax, ácido bórico y dicromato de sodio o bien, con sulfato de cobre, ácido bórico y dicromato de sodio. Para el baño caliente, se calienta el agua a 60 °C, por ser la temperatura en la cual no se degradan las mezclas. El tiempo de inmersión es de 6 horas.

Para el baño frío se sumerge 18 horas.

TABLA No. 1
Relación requerida para el inmunizante

Inmunizante	Relación promedio (kg)	Agua (lts)
Bórax + ácido bórico + dicromato de sodio	1:1:0.5	97.5
Sulfato de cobre + ácido bórico + dicromato de sodio	2:1:1	97.5

7. Propiedades mecánicas

Los tallos de bambú contienen agua que empiezan a perder rápido e inmediatamente después de su corte; esta pérdida de humedad conlleva contracciones volumétricas. Cuando la humedad de los tallos se equilibra con la del ambiente, la retracción cesa. (Morales, 1983)

La resistencia a la compresión del bambú es relativamente alta, pero carece de significado si no se especifica el grado de madurez, puesto que como en la madera, la humedad disminuye la rigidez de las células fibrosas, trayendo consigo una disminución en las propiedades mecánicas, sobre todo en compresión y flexión. (Morales, 1983)

Si la longitud del tallo es suficientemente grande con respecto a la mínima sección transversal, la resistencia bajo carga compresiva disminuye considerablemente por el efecto de acción de columna o pandeo. Una falla por pandeo lateral o flexión se produce antes de que se desarrolle por completo la resistencia a compresión. (Morales, 1983)

Las fallas en el bambú bajo compresión son básicamente de dos tipos:

- por aplastamiento, con el plano de ruptura aproximadamente horizontal,
- por rajadura paralela a la fibra. (Morales, 1983)

Para la tensión paralela, las especies de bambú son más resistentes en la zona del entrenudo que la zona del nudo, dado que en la zona del nudo la falla es por desprendimiento del nudo, mientras que en la zona sin nudo algunas veces alcanza la falla por aplastamiento de las fibras por el efecto de la mordaza. (Morales, 1983)

Las propiedades de las dos especies propuestas para este trabajo se muestran en la tabla siguiente:

TABLA No. 2
Propiedades mecánicas del bambú

Propiedad		<i>Bambusa vulgaris</i>	<i>Phyllostachys bambusoides</i>
Contenido de Humedad (%)		16.60	14.60
Peso específico (g/cm ³)		0.69	0.60
Tensión paralela a la fibra (kg/cm ²)	C.N. S.N.	1323.00 1872.00	1398.00 2001.50
Módulo de elasticidad (kg/cm ² * 10)	C.N. S.N.	1.58 1.75	1.50 2.20
Compresión paralela a la fibra (kg/cm ²)	C.N. S.N.	394.00 402.00	780.80 798.30

C.N. = con nudo

S.N. = sin nudo

(*vid.* Ixcolín, 1999; Rodríguez, 1994)

8. Mortero

Los materiales para revestimiento deben poseer las siguientes características:

- contribuir al aislamiento térmico y acústico
- brindar protección contra la humedad
- ser poco combustible
- facilidad de aplicación
- poseer buena adherencia
- resistente al desgaste y al impacto
- resistente a los efectos químicos
- durabilidad apreciable
- ser económico

9. Descripción

El mortero que se utilizará es de una proporción de 1:3, una parte de cemento por tres partes de arena de río, en peso. La arena de río no contiene arcilla, ni sustancias orgánicas que puedan afectar el fraguado; y se pasa en un tamiz 3/8". Además, la arena de río es de gran abundancia en el lugar. (Ixcolín, 1999)

El cemento utilizado para la elaboración del concreto es Portland Tipo I. Los ensayos de compresión a siete días tienen como resultado promedio 138.54 kg/cm^2 y para los 28 días de 254.06 kg/cm^2 . (Ixcolín, 1999)

VII. MIEMBROS ESTRUCTURALES

El bambú es conveniente para ejecutar estructuras que resistan ampliamente los temblores de tierra, según estudios y pruebas realizadas en Sudamérica.

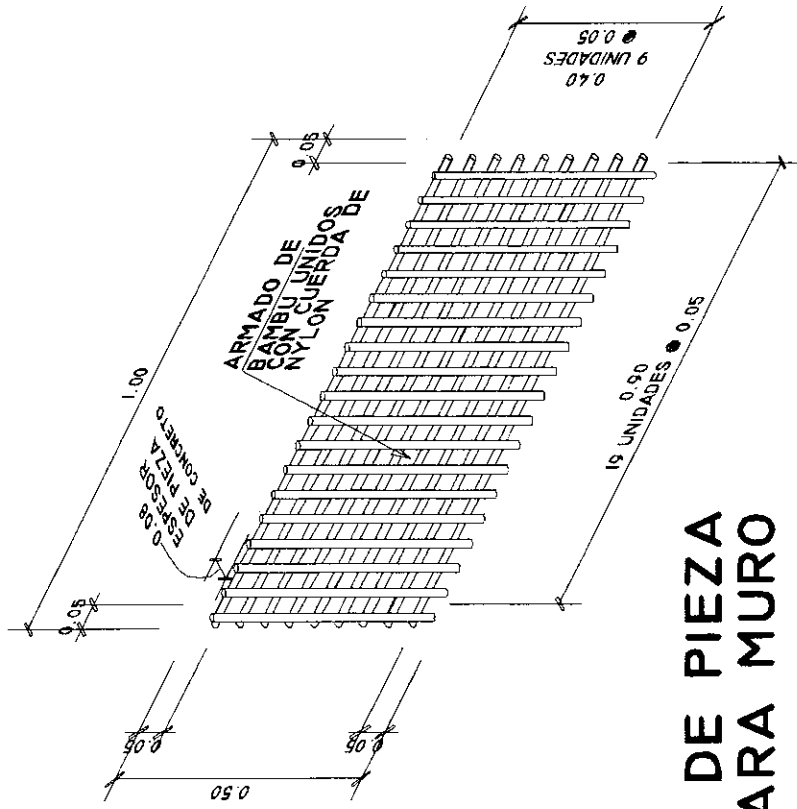
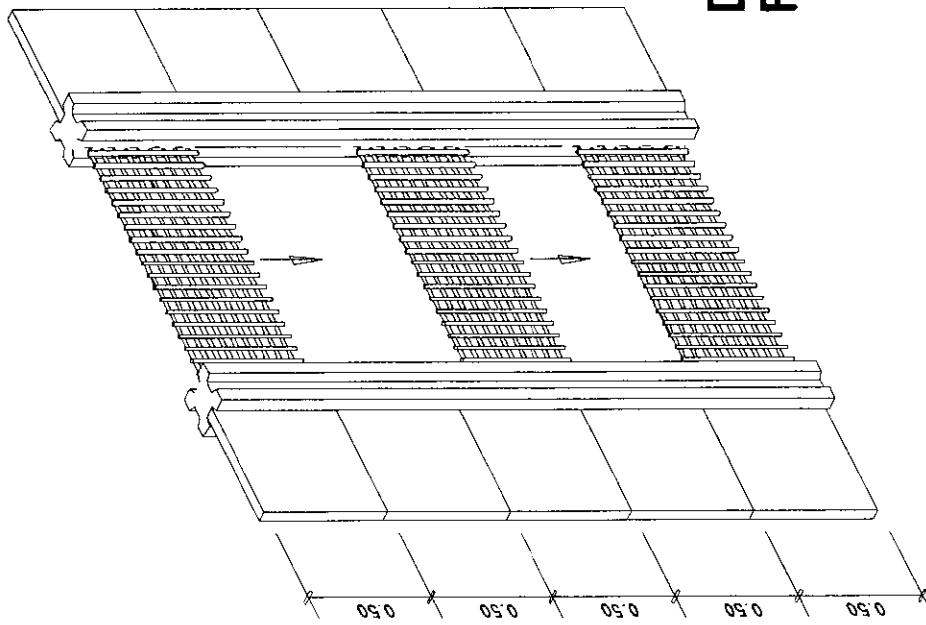
A. Cerramiento vertical

Las paredes serán construidas con paneles de concreto liviano con refuerzo de bambú, unidos por medio de postes de concreto,

1. Descripción del panel

El panel es de 1.00 m * 0.50 m * 0.08 m, con una armadura de bambú espaciada cada cinco cm longitudinal y transversalmente.

Las varillas de bambú deben medir 0.95 m en el sentido largo y 0.45 m en el sentido corto, se amarrarán con alambre calibre 22. (Ixcólin, 1999) (*vid. Ilustración 5*)



DETALLE DE PIEZA PANEL PARA MURO

Medidas y estructura del panel

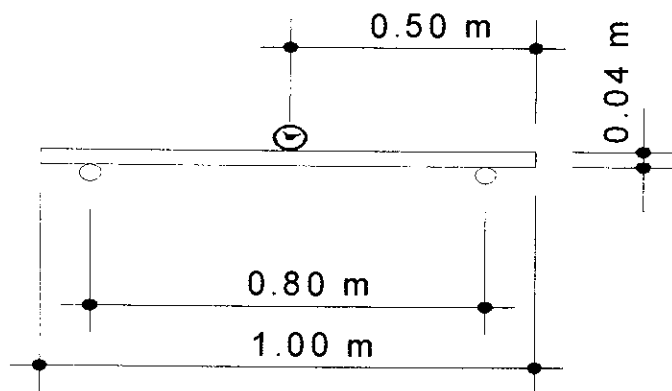
Ilustración 5

2. Ensayo a flexión

Este ensayo consiste en colocar el panel como una losa simplemente apoyada. Se le coloca un deformómetro al centro y se le aplica carga. Esta se le aumenta hasta que falla.

TABLA No. 3
Ensayo a flexión de los paneles

Tipo de refuerzo	Carga máxima antes de fraccionarse (kg)	Deformación máxima ($\times 10^{-2}$ mm)	Carga máxima al fraccionarse (kg)
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	210	160	242



Prueba de placa a flexión
Ilustración 6

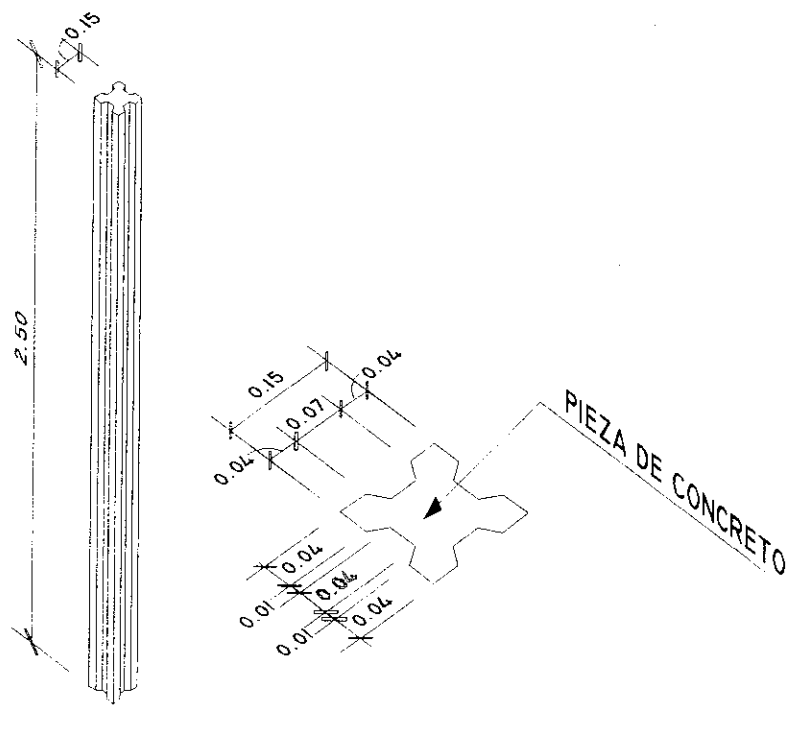
TABLA No. 4
Ensayo a corte del panel

Tipo de refuerzo	Carga máxima antes de fraccionarse (kg)	Deformación máxima (* 10⁻² mm)	Carga máxima al fraccionarse (kg)
<i>Phyllostachys bambusoides</i>	7600	219	7850

Para los ensayos de flexión y corte, el refuerzo de bambú no impidió la fisuración en el concreto, pero sí impidió un colapso repentino, o fractura de tipo frágil. (Ixcolín, 1999)

3. Descripción del poste

El refuerzo longitudinal es de cuatro cintas de bambú de un espesor de 3 mm y un ancho de 1.5 cm con una longitud de 2.30 m. Mientras el refuerzo transversal es de 24 estribos de 3 mm de espesor y 1.5 cm de ancho, amarrado con alambre galvanizado calibre 18. (Ixcolín, 1999) (*vid.* Ilustración 7)



Detalle de la columna

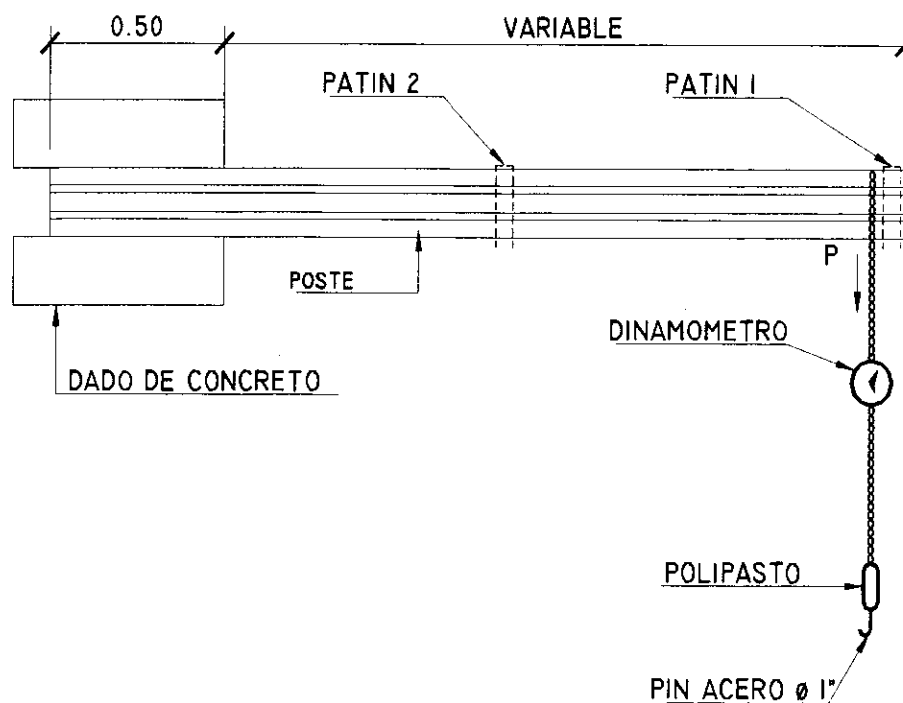
Ilustración 7

4. Ensayo de flexión del poste

Este ensayo consiste en sostener el poste horizontalmente. Del extremo donde se está sosteniendo, fijarlo 50 cm adentro. En el otro extremo se le coloca un dinamómetro que es el que medirá el esfuerzo efectuado por el poste para sostener la carga aplicada. Una carga es desplazada a lo largo del poste para crear diferentes esfuerzos y poder determinar cuál es la carga máxima y el esfuerzo máximo que resiste el poste.

TABLA No. 5
Ensayo a flexión de postes

Tipo de refuerzo	Carga máxima (kg)	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)
<i>Bambusa vulgaris</i>	74.85	84.14



Ensayo a flexión del poste

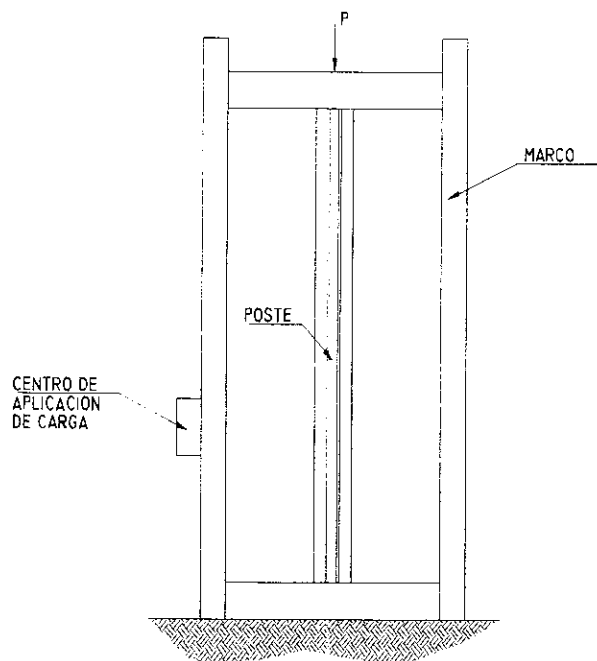
Ilustración 8

5. Ensayo de compresión del poste

En esta prueba se coloca el poste verticalmente en un marco rígido. La parte superior del marco es movable y es donde se aplica la carga, aumentándola hasta que falle el poste.

TABLA No. 6
Ensayo a compresión de los postes

Tipo de refuerzo	Carga máxima (kg)	Esfuerzo máximo (kg/cm ²)
<i>Bambusa vulgaris</i>	15989	159.89



Ensayo a compresión del poste

Ilustración 9

B. Cubiertas

Para la cubierta existen infinidad de opciones, pero en este caso se escogió un diseño con tejas de bambú, *Phyllostachys bambusoides*. La elección se debe a que el bambú además de ser impermeable, es un aislante natural que ayuda a amortiguar el calor dentro de la vivienda o el frío en la noche.

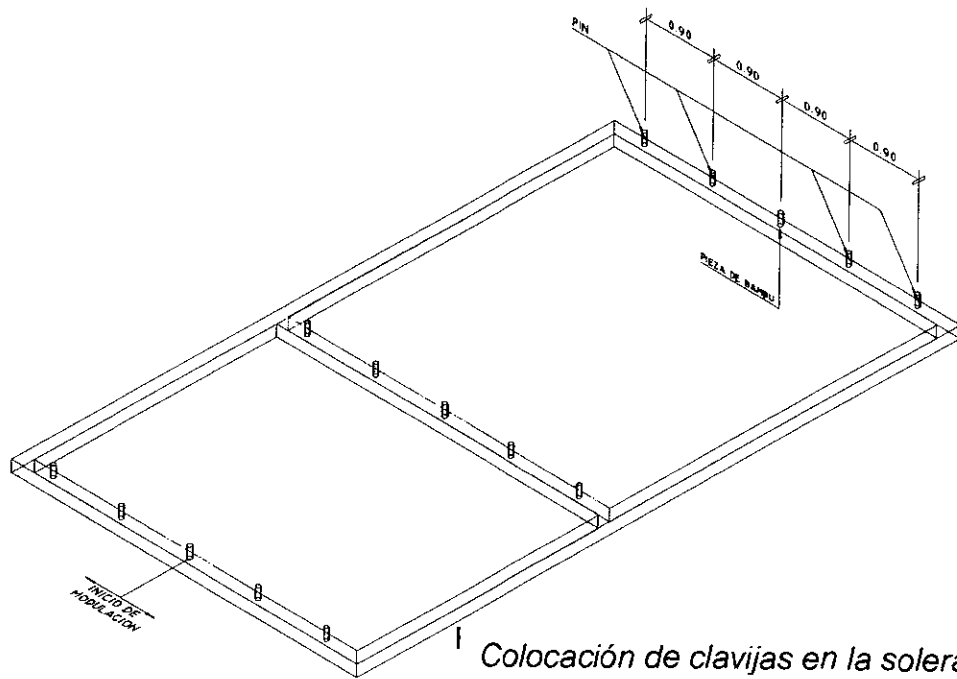
El diseño del techo se hizo con una inclinación del 50% (*vid.* Ilustración 10), ya que está propenso a recibir cargas de ceniza volcánica y se necesita que deslice lo más pronto posible (*vid.* Ilustración 11), además del escurrimiento de la lluvia.

Para el diseño de techos de bambú, el menor declive que puerden tener es de 30°.

Esta consta de una estructura como la que se muestra en la ilustración 10. Todas las piezas de la estructura van amarradas entre sí, con cuerda de nylon o alambre de amarre, para evitar su desplazamiento. Para aumentar su resistencia al desplazamiento pueden ir atornilladas. La armadura es sostenida por clavijas, también conocidas como "pines", las cuales deben ir fundidas en la solera superior, colocándose a cada 50 cm aproximadamente; esto significa tres clavijas de cada lado. La clavija del medio se puede correr a la derecha o izquierda del refuerzo de bambú, que se encuentra al centro exactamente.

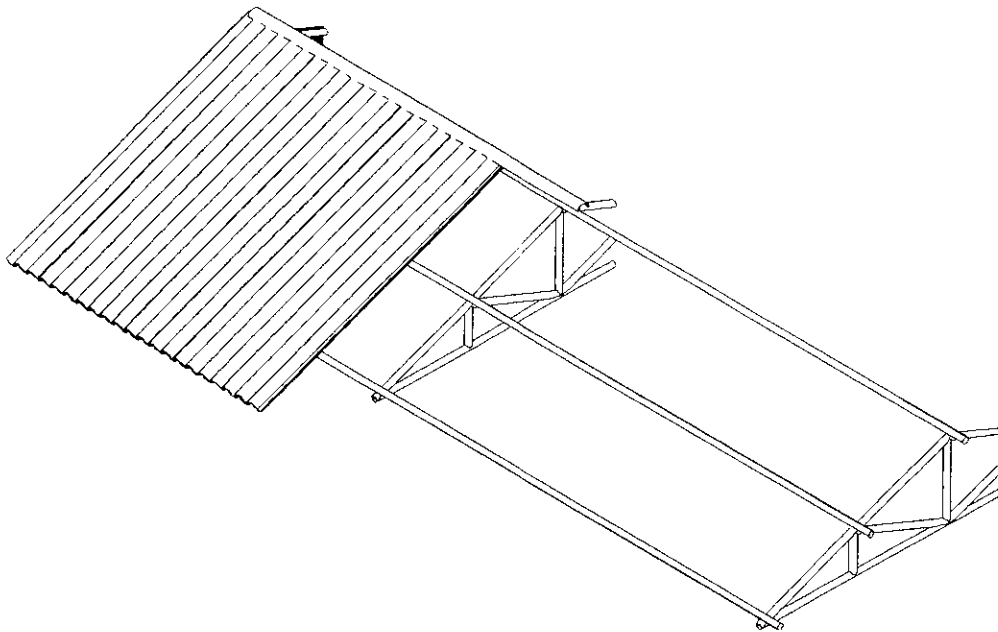
Es necesario colocarle las tres clavijas, ya que siendo el bambú un material de origen natural, la irregularidad en el mismo no puede ser evitada.

Este tipo de techo es de bajo peso, ya que es del mismo material del cual se hizo la estructura de la casa. Si no se le da tratamiento con algún protector (como pintura, barniz, etc.), necesitará cambio con mayor frecuencia. Pero, dado que el material se puede tener sembrado en el patio de la vivienda, no implicaría gasto alguno. Sin embargo, es recomendable darle tratamiento para alargar su vida útil. (Rodríguez, 1994) (*vid.* Ilustración 11)



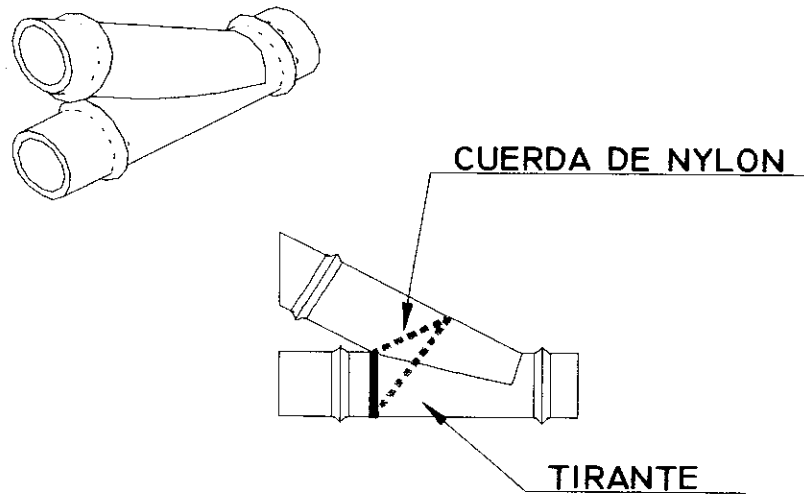
Colocación de clavijas en la solera superior

Ilustración 10

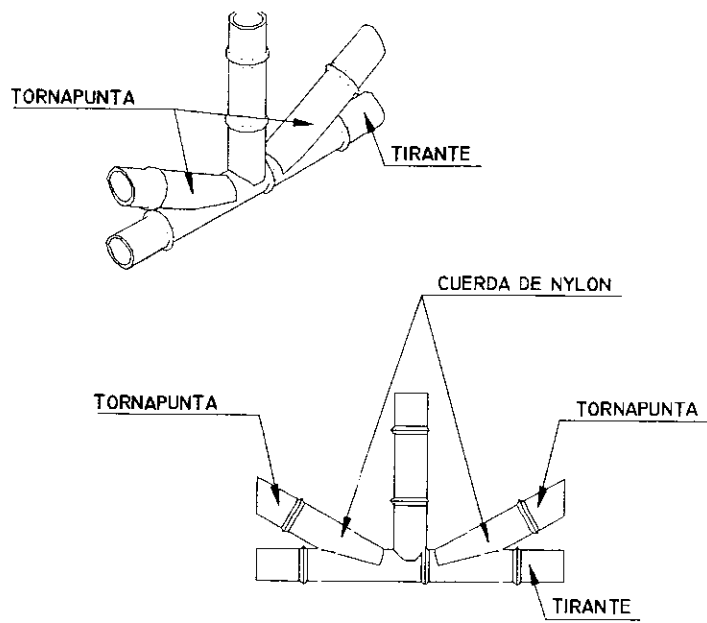


Armadura de la cubierta

Ilustración No. 11



Uniones en la estructura de la cubierta
Ilustración 12



Unión al centro de la estructura

Ilustración 13

C. Conformación del sistema

Se inicia cavando una zanja de 0.15 m de ancho por 0.20 m de profundidad para fundir los cimientos. Se hace una armadura de cimientos que consta de cuatro tallos de bambú del largo del cimiento de la casa; los estribos se hacen con listones de bambú amarrados con pita o alambre, estos van colocados cada 20 cm (*vid.* Ilustración 14), teniendo el cuidado de dejar los espacios donde irán colocados los postes. Se construyen marcos de madera o bambú para sostener los postes. Luego se colocan los postes y se empalman a los cimientos (*vid.* Ilustración 15). Al encontrarse el sistema ya listo, se funde el cimiento. Al estar colocados y fundidos los postes, se procede a colocar las paneles en las ranuras. En los espacios donde van las puertas, no se coloca placa, y donde va ventana, se colocan únicamente dos paneles.

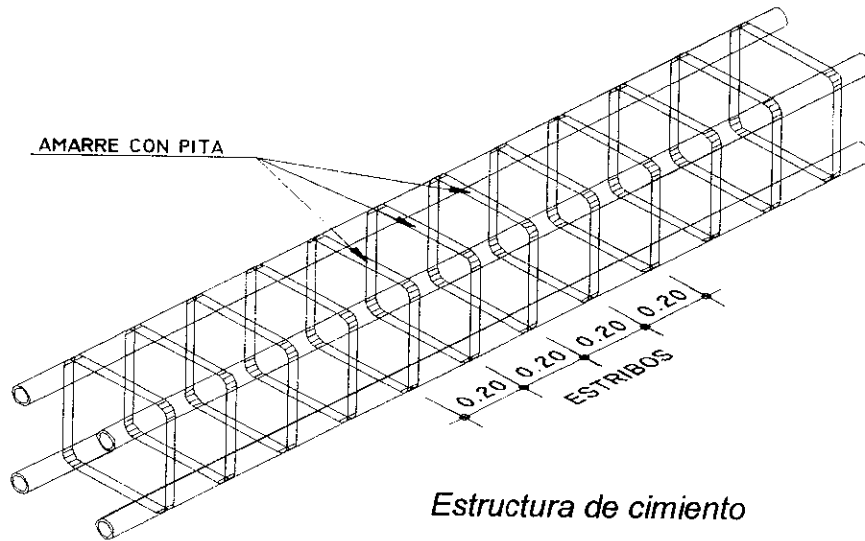
Para amarrar bien la estructura, se coloca solera superior, con una sección de 15 cm * 15 cm. Se empalma el refuerzo de la solera con el refuerzo de los postes y luego se funde utilizando el marco como formaleta. Tiempo de curado: ocho días.

En la solera superior, antes de fundirse se colocan las clavijas, las que servirán para sostener la armadura de la cubierta.

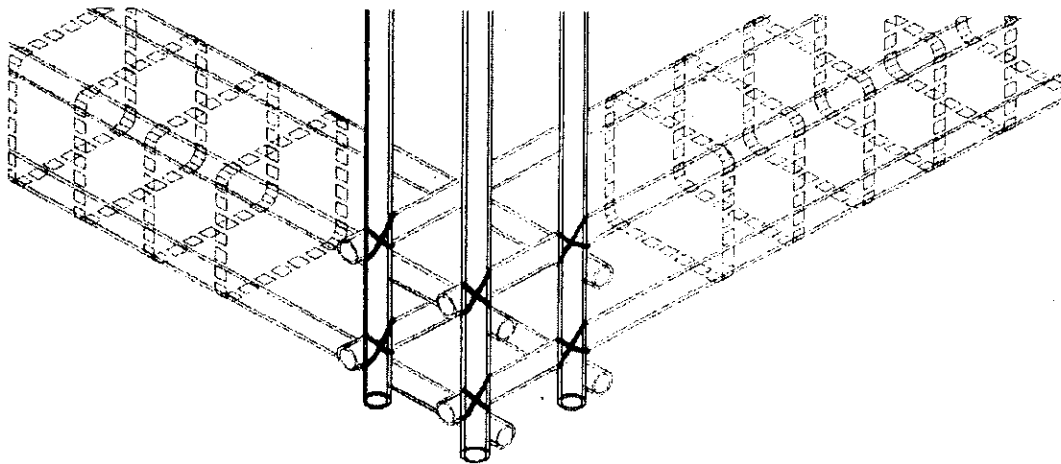
A las armaduras de la cubierta se le deben perforar los agujeros donde irán colocados las clavijas o pines con los que quedarán fijadas al sistema. (*vid.* Ilustración 10)

Por último se colocan las armaduras de la cubierta en las clavijas fundidos. Estas se fijan entre sí con tres varillas largas de bambú longitudinalmente colocadas.

Al tener completa la armadura del techo se empieza a colocar las medias cañas de bambú para armar el techo.



Estructura de cimiento
Ilustración 14

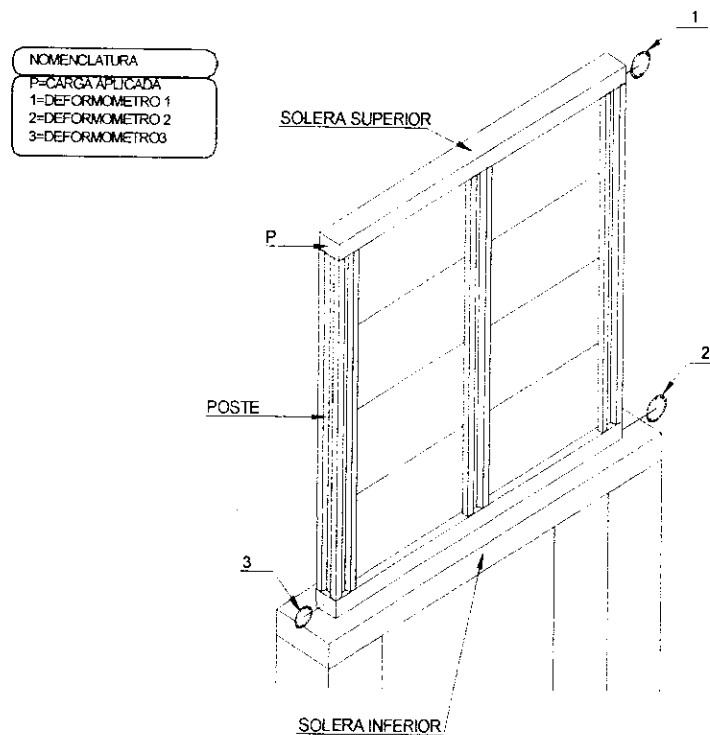


Unión del cemento con el poste

Ilustración 15

D. Pruebas de corte para la estructura compuesta de panel y poste

Existen datos sobre las pruebas de corte realizadas a la forma de construcción placa con poste, con la que se está diseñando. A continuación se pueden observar.



Ensayo a corte del sistema panel y poste

Ilustración 16

TABLA No. 7
Ensayo a corte del sistema de panel y poste

Esfuerzo (kg/cm²)	Deformómetro 1 (mm)	Deformómetro 2 (mm)	Deformómetro 3 (mm)	Observaciones
25	2.5	0.5	-0.75	
50	3.5	1.0	-1.50	
75	3.8	1.5	-1.75	Inician grietas
90	26.5	1.5	-1.75	Falla total

Vid. fuente 16

VIII. CONFIGURACIÓN DE LA CASA

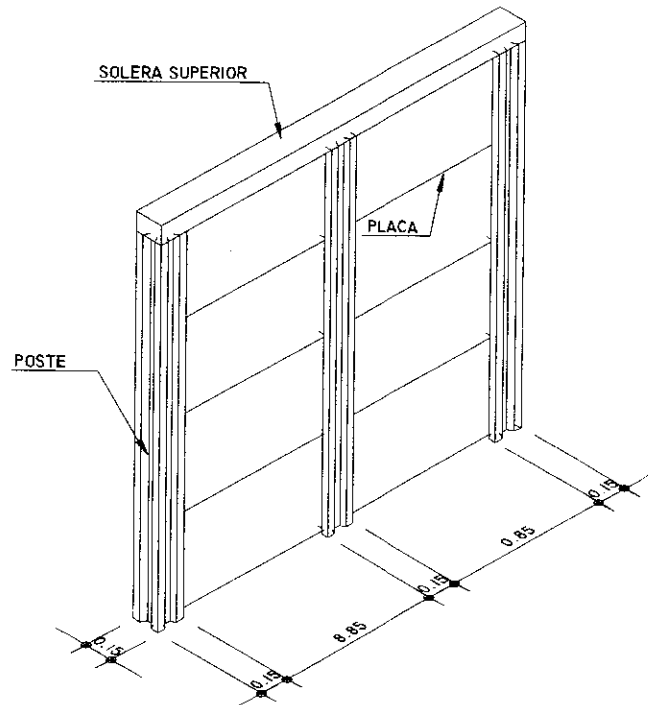
El diseño propuesto en este trabajo se basa en la casa típica descrita en la sección V.

La distribución de los ambientes es la misma, pero variaron las dimensiones; lo que se debe a que se adaptaron los tamaños de los paneles con las medidas de la casa ya existente. La planta de las habitaciones mide 7.70 m * 4.40 m (*vid.* Ilustración 18) y la cocina mide 3.30 m * 4.40 m.

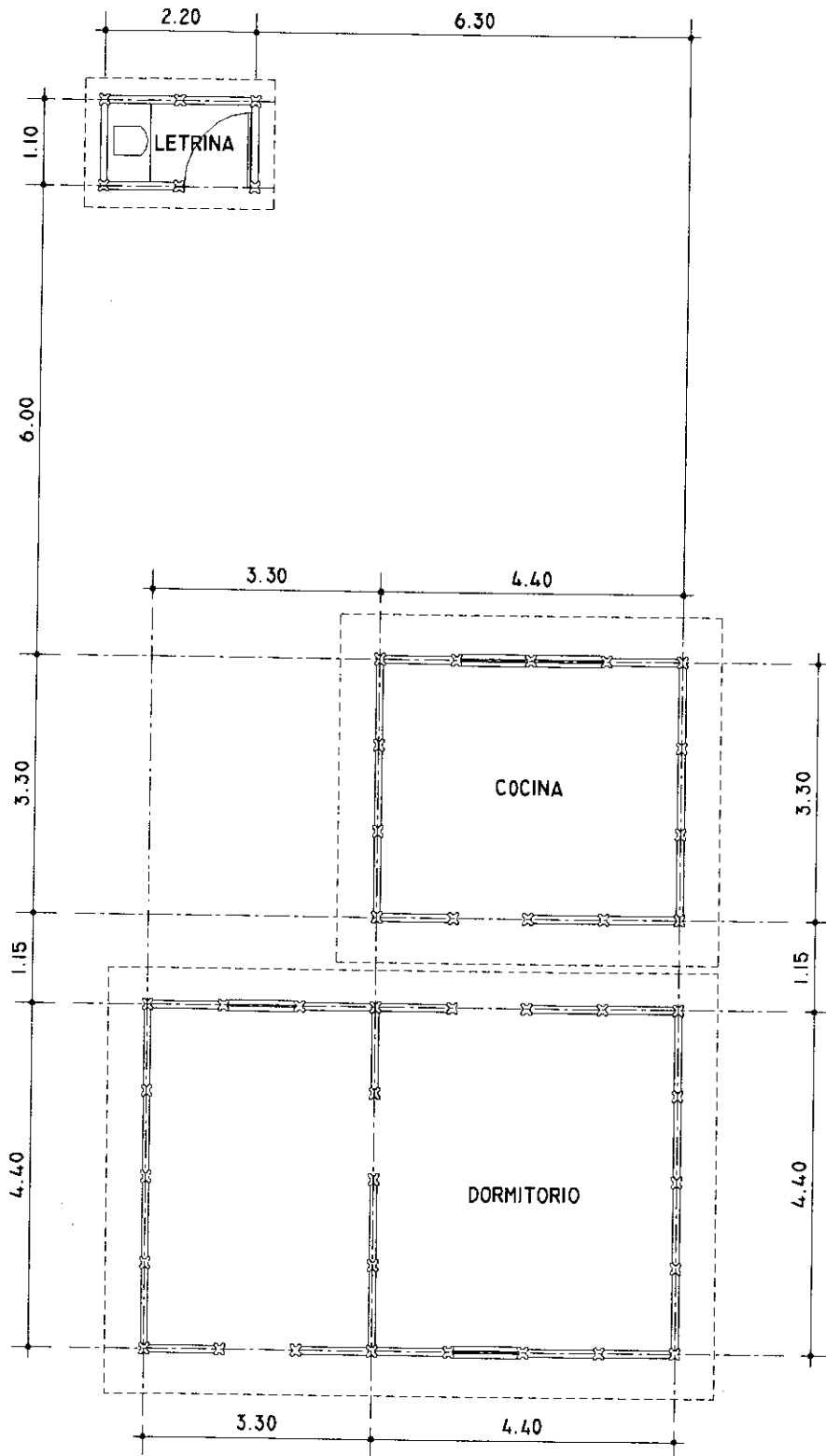
En la ilustración 19 se observa la fachada de la vivienda.

No se contemplaron los servicios de agua potable y luz porque, según el censo de 1994, realizado por el INE, el 24.6% de hogares en el área rural tienen acceso al agua entubada (CIV, 1956), y una gran parte de los habitantes de la región carecen de energía eléctrica.

Para este caso se diseñó con una inclinación de 50° (*vid.* Ilustración 10), ya que estará propenso a recibir cargas de ceniza volcánica y se necesita que deslice lo más pronto posible.

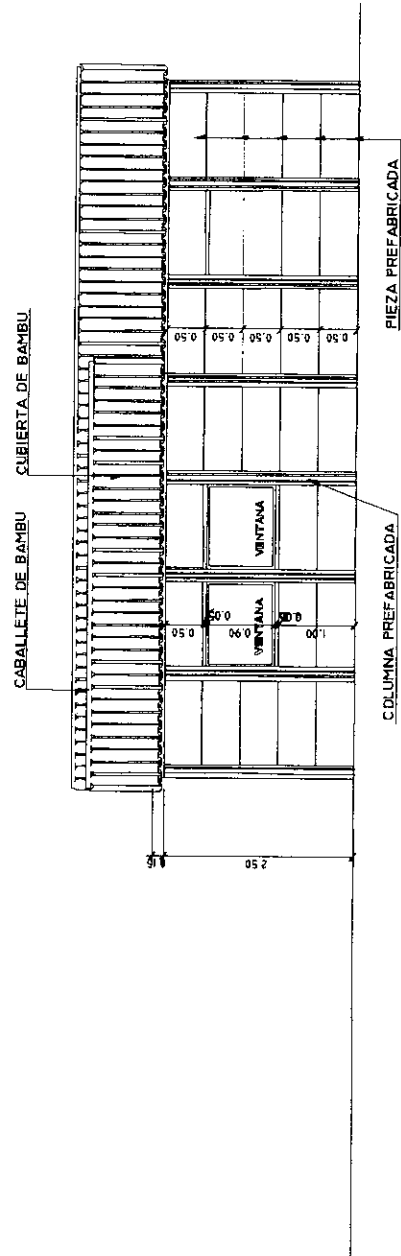


Acabado de la estructura del sistema de placa y poste
Ilustración 17

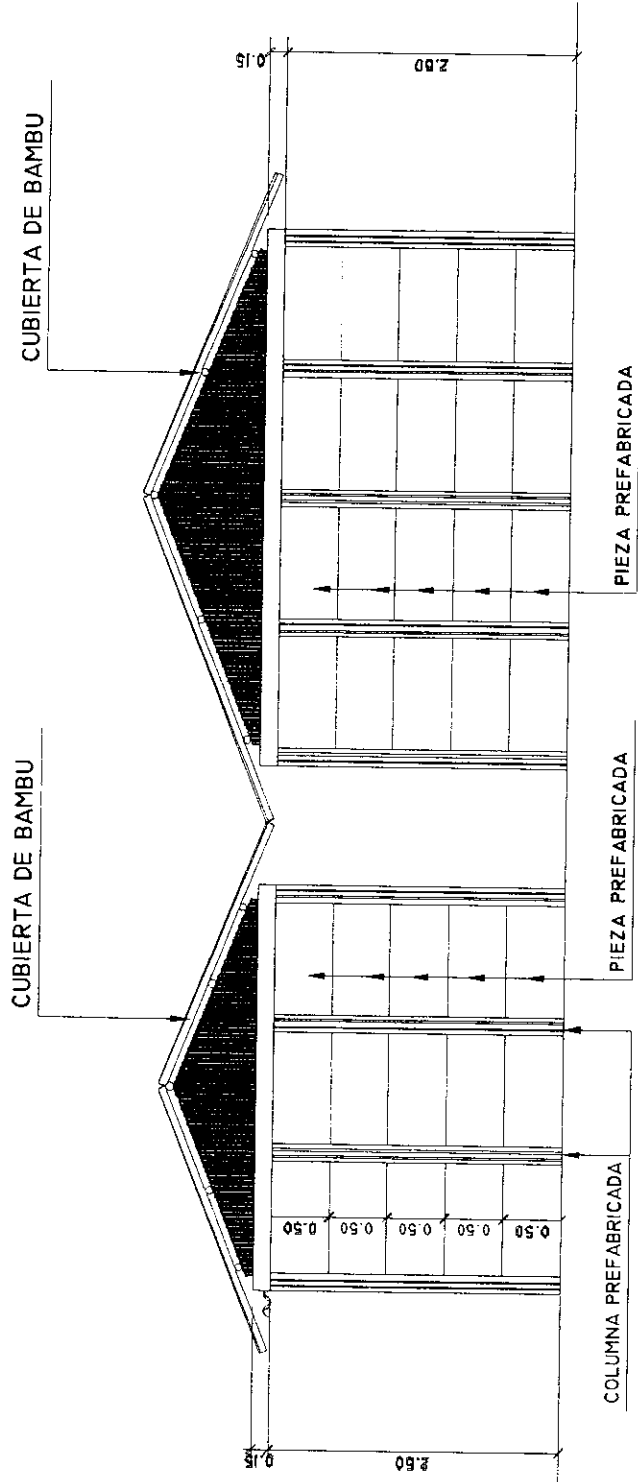


Planta propuesta para la vivienda

Ilustración 18



Elevación de la vivienda
Ilustración 19



Elevación lateral de la vivienda propuesta

Ilustración 20

IX. CONCLUSIONES

El bambú ha demostrado ser un aliado de la construcción desde tiempos remotos, manifestando características sobresalientes para su uso en este campo. Tomando en cuenta el riesgo sísmico que se corre en la región, y la facilidad que hay para encontrarlo, consideramos conveniente su aprovechamiento. Además, existen cultivos en Suchitepéquez que está relativamente cerca.

El modelo que se presentó es de fácil construcción y los materiales se encuentran al alcance de los vecinos del lugar.

El bambú no sólo reduce la vulnerabilidad estructural de la vivienda ante un sismo, sino que también aumenta la capacidad de la misma para soportarlo, respecto a una vivienda con estructura de adobe sin refuerzo alguno.

Dado que el bambú puede ser cultivado por las mismas personas y la arena es natural del lugar, se está asumiendo el gasto del cemento que llevará la mezcla.

El método constructivo es rápido y de fácil aprendizaje. El problema que presentaría en este caso, esta propuesta, que no podría ser para una solución inmediata, ya que se deben esperar de tres a cuatro años para que madure el bambú, así estaría cubriendo el segundo objetivo, que se atender a los sectores más necesitados del país.

X. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la creación de un proyecto para promover el uso del bambú, su estudio y capacitación para que las personas puedan hacer buen uso del mismo.
2. Es recomendable promover este tipo de estructura, ya que disminuye la vulnerabilidad estructural de la misma, aumentando la facilidad de poder buscar un lugar despejado donde ponerse a salvo. Recomendando de esta manera el establecimiento de normas técnicas y un manual práctico para uso de los interesados.
3. El bambú es un material que no sólo se utiliza para la construcción, se podría aprovechar para la fabricación de todo tipo de útiles como muebles, palillos de dientes, maceteros, para transportar agua (como tubería o como cantimploras), pudiéndose hacer un estudio previo de mercado.
4. Las especies que se utilizaron no son las que han demostrado el mejor comportamiento para la construcción en el extranjero, pero sí ser más comunes en la región. Se recomienda hacer el estudio de paneles y postes con la especie *Guadua angustifolia* kunth.

XI. BIBLIOGRAFÍA

AGIES. 1996. *Normas Recomendadas*.

Basterrechea, et al. 2000. *Desastres naturales y zonas de riesgo en Guatemala*. Guatemala. 215 págs.

CIV. 1956. *El bambú como material de construcción*. Guatemala. 46 págs.

Espina, E. 1984. *Paneles de concreto liviano con refuerzo de bambú (construcción y evaluación)*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala.

INTECAP. 1991. *Cultivo del Bambú*. Misión China.

Ixcolín, C. 1999. *Estado actual del bambú como material de construcción en Guatemala*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala.

Marroquín, H.; J. Gándara. 1976. *La vivienda popular en Guatemala*. Tomo I. Guatemala. 596 págs.

Morales, E. 1999. *Estudio de factibilidad para muros prefabricados a base de mortero de arena volcánica reforzado con bambú*. Tesis Universidad del Valle de Guatemala.

Morales, H. 1983. *Propiedades físico-mecánicas del bambú (6 especies recoletadas en los 19 departamentos de Guatemala, Santa Rosa y Jutiapa)*. Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala.

Rodriguez, S. 1994. *El bambú como alternativa constructiva en Guatemala*.
Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala.

Serra, R. 1995. *Apuntes de Retalhuleu*. Editorial Multicolor. Guatemala. 53
págs.