



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

MÉTODO CONSTRUCTIVO DE BAJO COSTO PARA VIVIENDAS EN ÁREA DE CLIMA CÁLIDO-HÚMEDO

Worguoss Ernesto Fernández Menéndez

Asesorado por la Inga. María del Mar Girón Cordón

Guatemala, septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MÉTODO CONSTRUCTIVO DE BAJO COSTO PARA
VIVIENDAS EN ÁREA DE CLIMA CÁLIDO-HÚMEDO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WORGUOSS ERNESTO FERNÁNDEZ MENÉNDEZ
ASESORADO POR LA INGA. MARÍA DEL MAR GIRÓN CORDÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

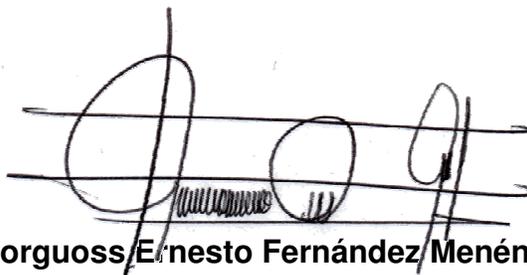
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
EXAMINADOR	Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
EXAMINADOR	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

MÉTODO CONSTRUCTIVO DE BAJO COSTO PARA VIVIENDAS EN ÁREA DE CLIMA CÁLIDO-HÚMEDO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 19 de octubre de 2011.

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a vertical line, positioned above the printed name.

Worguoss Ernesto Fernández Menéndez

Guatemala, 23 de agosto de 2013

Ingeniero

Guillermo Francisco Mellini Salguero

Jefe del Departamento de Materiales de construcción y Obras civiles

Escuela de Ingeniería Civil

Presente

Estimado Ingeniero:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he procedido a la revisión del trabajo de tesis titulado " **MÉTODO CONSTRUCTIVO DE BAJO COSTO PARA VIVIENDAS EN ÁREA DE CLIMA CÁLIDO-HUMEDO.**", presentado por el estudiante **WORGUOSS ERNESTO FERNÁNDEZ MENÉNDEZ**, el cual llena los requisitos propuestos por el sustentante, por lo que me permito aprobarlo en calidad de asesor del mismo.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,

"Id y enseñad a todos"


Inga. María del Mar Girón Cordón
Asesora
Colegiado No. 8,445

María del Mar Girón Cordón
Ingeniera Civil
Colegiada No. 8,445



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>



Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil
Guatemala, 26 de agosto de 2013

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **MÉTODO CONSTRUCTIVO DE BAJO COSTO PARA VIVIENDAS EN ÁREA DE CLIMA CÁLIDO-HUMEDO**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Worguoss Ernesto Fernández Menéndez, quien contó con la asesoría de la Inga. María del Mar Girón Cordón.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

~~Ing. Civil Guillermo Francisco Melini Salguero~~
Coordinador del Área de Materiales y
Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





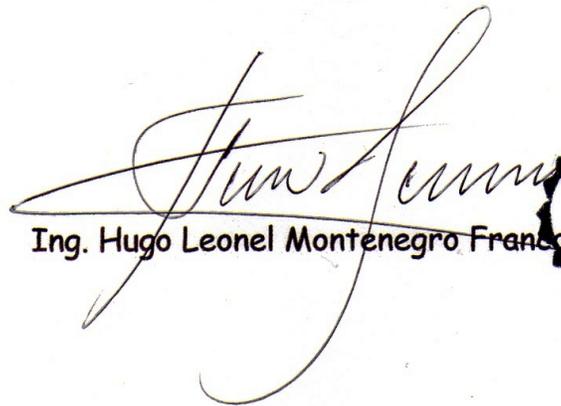
USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. María del Mar Girón Cordón y del Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Guillermo Francisco Melini Salguero, al trabajo de graduación del estudiante Worguoss Ernesto Fernández Menéndez, titulado **MÉTODO CONSTRUCTIVO DE BAJO COSTO PARA VIVIENDAS EN ÁREA DE CLIMA CÁLIDO-HUMEDO**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre de 2013.

/bbdeb.

Mas de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **MÉTODO CONSTRUCTIVO DE BAJO COSTO PARA VIVIENDAS EN ÁREA DE CLIMA CÁLIDO-HÚMEDO**, presentado por el estudiante universitario: **Worguoss Ernesto Fernández Menéndez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, septiembre de 2013



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por haberme rescatado de mi vida pasada y permitirme en su gran amor pasar a una nueva vida en Cristo Jesús. Él me condujo hasta el momento en el que me arrepentí de mis pecados y me convertí a sus caminos, en ese momento entendí que: “En ninguno otro hay salvación; porque no hay otro nombre bajo el cielo, dado a los hombres, en que podamos ser salvos” (Hechos 4:12), y fue por ello que creí en Él, como mi Señor y único Salvador; quien me borraría todos mis pecados en el momento que apropiara su sacrificio a mi vida, lo que implicó rendirle mi voluntad por completo para que ahora Él la dirigiera; desde ese momento sé que alcancé la salvación y sé ahora que no moriré eternamente. “Porque de tal manera amó Dios al mundo, que ha dado a su Hijo unigénito, para que todo aquel que en Él cree, no se pierda, más tenga vida eterna” (Juan 3:16). Esta decisión que le agradezco al Señor será la decisión más importante en mi vida y por nada del mundo la cambiaría, porque en Él también encontré la verdadera vida. “Jesús le dijo: Yo soy el camino, y la verdad, y la vida, nadie viene al Padre, sino por mí” (Juan 14:6).

Mis padres

Worguoss Fernández y Claudia de Fernández, por su amor, apoyo y consejos; han sido muy importantes en mi vida.

Hermanos

Joshua, Michelle y Johan Fernández, por todo su amor y detalles con mi persona.

Mi familia extendida

Por sus oraciones y su apoyo incondicional.

Mi asesora

María del Mar Girón, siempre tan amable y dispuesta con su tiempo.

AGRADECIMIENTOS A:

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser la universidad que me dio la oportunidad de llevar a cabo mis estudios académicos.

Facultad de Ingeniería

Por ser una facultad que siempre ha velado por sus estudiantes.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	1
1.1. Áreas de clima cálido-húmedo en Guatemala	1
1.1.1. Sistema de Thorntwaite	3
1.1.2. Sistema de Holdridge	5
1.2. Déficit habitacional en Guatemala	7
1.2.1. Todo el país	7
1.2.2. Áreas de clima cálido-húmedo.....	12
1.2.2.1. Jutiapa.....	13
1.2.2.2. Santa Rosa	14
1.2.2.3. Escuintla.....	15
1.2.2.4. Suchitepéquez.....	16
1.2.2.5. Retalhuleu	16
1.2.2.6. Izabal.....	17
1.3. Familias afectadas por esta problemática en el área de clima cálido-húmedo de Guatemala	18

2.	INSTITUCIÓN FONDO GUATEMALTECO PARA LA VIVIENDA (FOGUAVI)	21
2.1.	Marco legal	21
2.1.1.	Constitución Política de la República de Guatemala.....	22
2.1.2.	Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos - Decreto número 120-96 - El Congreso de la República de Guatemala.....	23
2.1.2.1.	Reglamento de la Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos.....	24
2.1.3.	Fondo Guatemalteco para la Vivienda (FOGUAVI)..	25
2.1.3.1.	Manual operativo del sistema financiero integrado del Fondo Guatemalteco para la Vivienda.....	26
2.2.	Método constructivo aplicado	29
2.2.1.	Descripción	29
2.3.	Materiales utilizados en la construcción de viviendas	32
2.4.	Decreto 9-2012 de la Ley de Vivienda.....	33
3.	EL BAMBÚ.....	35
3.1.	Generalidades	36
3.2.	Descripción.....	37
3.3.	Características	38
3.4.	Clasificación	42
3.5.	Composición.....	44
3.5.1.	Rizoma.....	45
3.5.1.1.	Grupo paquimorfo o simpodial.....	45
3.5.1.2.	Grupo leptomorfo o monopodial	46
3.5.1.3.	Grupo anfipodial o intermedio.....	46

3.5.2.	Culmo o tallo.....	46
3.5.3.	Hojas	49
3.5.4.	Floración.....	50
3.6.	Ensayos	51
3.6.1.	Características físicas.....	52
3.6.1.1.	Contenido de humedad	52
3.6.1.2.	Contracción	53
3.6.1.3.	Peso específico	53
3.6.2.	Propiedades mecánicas	54
3.6.2.1.	Tensión paralela a la fibra y módulo de elasticidad	54
3.6.3.	Compresión paralela a la fibra y módulo de elasticidad.....	55
3.6.4.	Corte paralelo a la fibra	56
3.6.5.	Tensión perpendicular a la fibra.....	57
3.6.6.	Clivaje.....	57
3.7.	Discusión de resultados.....	58
4.	RELACIÓN DEL BAMBÚ CON LOS MATERIALES TRADICIONALES..	61
4.1.	Generalidades.....	61
4.2.	Descripción	62
4.3.	Características	69
4.4.	Relación.....	71
4.4.1.	Concreto armado y bambú	72
4.4.2.	Mortero cemento - arena y bambú.....	72
4.5.	Ventajas.....	73
4.6.	Preservación	74
4.6.1.	Corte.....	75
4.6.2.	Curado.....	75

4.6.3.	Secado	76
4.6.4.	Tratamientos químicos contra hongos e insectos	76
4.6.4.1.	Sistemas de aplicación de productos preservativos	76
4.6.4.2.	Tratamiento aprovechando la transpiración de las hojas	77
4.6.4.3.	Tratamiento por el método Boucherie...	78
4.6.4.4.	Tratamiento a presión o método Boucherie modificado	79
4.6.4.5.	Método por inmersión	80
4.6.4.6.	Método de vacío-presión	81
4.6.4.7.	Método de aplicación externa	82
5.	PLANOS DE VIVIENDA PROPUESTA.....	83
5.1.	Partes de vivienda unifamiliar de bambú.....	83
5.1.1.	Cimientos	83
5.1.2.	Estructura.....	84
5.1.3.	Muros o cerramiento	84
5.1.3.1.	Muros de tableros de esterilla.....	85
5.1.4.	Cubierta.....	86
5.1.4.1.	Tejas de bambú	86
5.1.5.	Piso	87
5.1.6.	Acabados generales.....	87
5.1.6.1.	Ventanas.....	88
5.2.	Planos de vivienda unifamiliar de bambú propuesta	88
6.	PRESUPUESTO VIVIENDA DE BAMBÚ	119

7.	VIVIENDA PROPUESTA COMPARADA CON VIVIENDA FOGUAVI...	121
7.1.	Diseño de planos	121
7.1.1.	Plano de planta.....	121
7.1.2.	Plano acotado.....	122
7.1.3.	Plano estructural.....	122
7.1.4.	Plano de agua potable.....	123
7.1.5.	Plano de secciones y elevaciones	124
7.1.6.	Plano de techos.....	125
7.1.7.	Plano de drenaje.....	126
7.1.8.	Plano eléctrico de fuerza e iluminación	126
7.2.	Presupuestos	127
7.3.	Ventajas y desventajas	128
7.3.1.	Ventajas.....	128
7.3.2.	Desventajas	130
	CONCLUSIONES	133
	RECOMENDACIONES.....	137
	BIBLIOGRAFÍA.....	139
	APÉNDICES	143

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación geográfica de Guatemala	3
2.	Zonas climáticas de Guatemala, Sistema Thorntwaite	4
3.	Mapa de zonas de vida de Holdridge de Guatemala	6
4.	Relación entre niveles de pobreza y acceso al agua	8
5.	Déficit de vivienda	10
6.	Gráfico de familias afectadas	19
7.	Vivienda tipo A	30
8.	Vivienda tipo B	31
9.	Bambú especie <i>Guadua</i> , finca de Escuintla.....	35
10.	Diferentes variedades en Guatemala.....	42
11.	Partes del bambú	44
12.	Vivienda de bambú en China	63
13.	Ciudad de Caral, Perú; pórticos de bambú y madera	64
14.	Construcciones con bambú.....	67
15.	Modelo de vivienda económica de bambú	67
16.	Detalles de vivienda económica.....	73
17.	Muro con esterilla expuesta y esterilla con repello.....	85
18.	Estructura del techo para una vivienda de bambú	87
19.	Marcos de ventanas y puertas con bambú.....	88
20.	Plano amueblado	89
21.	Plano acotado	90
22.	Plano de cimentación y estructural	91
23.	Elevación posterior y frontal.....	92

24.	Plano de secciones.....	93
25.	Plano de techo y detalles 1.....	94
26.	Plano de techo y detalles 2.....	95
27.	Plano del sistema de agua potable.....	96
28.	Detalles del sistema de agua potable.....	97
29.	Plano de sistema de drenaje	104
30.	Detalle del sistema de drenaje	105
31.	Plano eléctrico de fuerza	109
32.	Detalle del sistema eléctrico de fuerza	110
33.	Plano eléctrico de iluminación	113
34.	Detalle del sistema de iluminación.....	114

TABLAS

I.	Déficit cuantitativo de vivienda desagregado por departamento (2002).....	11
II.	Déficit cualitativo de vivienda desagregado por departamento (2002).....	12
III.	Déficit de vivienda del departamento de Jutiapa	13
IV.	Déficit de vivienda del departamento de Santa Rosa.....	14
V.	Déficit de vivienda del departamento de Escuintla	15
VI.	Déficit de vivienda del departamento de Suchitepéquez.....	16
VII.	Déficit de vivienda del departamento de Retalhuleu	17
VIII.	Déficit de vivienda del departamento de Izabal	18
IX.	Familias afectadas por el déficit de vivienda	18
X.	Resultados de ensayos en especie <i>Guadua</i>	58
XI.	Cuadro comparativo de las propiedades estructurales del bambú y otros materiales de construcción	61
XII.	Características del bambú en relación con concreto	69

XIII.	Características generales de vivienda elaborada con bambú comparadas con viviendas elaboradas con diferentes tipos de madera.....	71
XIV.	Ventajas de las relaciones de materiales con el bambú	74
XV.	Presupuesto de construcción de vivienda utilizando bambú.....	120
XVI.	Comparación plano de planta	121
XVII.	Comparación plano acotado	122
XVIII.	Comparación plano estructural	123
XIX.	Comparación plano de agua potable	124
XX.	Comparación plano de secciones y elevaciones	124
XXI.	Comparación plano de techos	125
XXII.	Comparación plano de drenaje.....	126
XXIII.	Comparación planos eléctricos.....	127
XXIV.	Comparación de presupuestos	128

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
cm²	Centímetro cuadrado
cm³	Centímetro cúbico
°c	Grado centígrado
°	Grado: unidad de ángulo
gr	Gramo
gr / cm³	Gramo por centímetro cúbico
kg	Kilogramo
kg / cm	Kilogramo por centímetro
kg / cm²	Kilogramo por centímetro cuadrado
lb	Unidad de peso: libra
m	Metro

m²	Metro cuadrado
m³	Metro cúbico
mm	Milímetro
0%	Porcentaje
PVC	Policloruro de vinilo
“	Pulgada
u	Unidad
Q	Quetzales

GLOSARIO

Andamiaje	Conjunto de andamios montados en un lugar.
Bioma	Conjunto de ecosistemas característicos de una zona biogeográfica, que está definido a partir de su vegetación y de las especies animales que predominan. Es una determinada parte del planeta que comparte el clima, flora y fauna.
Características físicas	Las que posee un material de manera natural y definen su comportamiento sin la acción de fuerzas mecánicas
Cogollos	Parte interna y tierna de una planta.
Déficit cualitativo	Falta de calidad de vivienda. Representa a las personas que si bien poseen vivienda, esta no reúne las condiciones mínimas de habitabilidad, por estar construidas en condiciones precarias y carecer de los servicios básicos o por estar erigidas en zonas de alto riesgo que ponen en peligro la vida de sus habitantes.
Déficit cuantitativo	Escasez de unidades habitacionales de vivienda. Representa la situación donde el ciudadano carece absolutamente de una vivienda.
Desagregar	Descomponer las cosas que conformaban un conjunto.

Ecorregión	Área geográfica relativamente grande que se distingue por el carácter único de su morfología, geología, clima, suelos, hidrología, flora y fauna.
Especie	Subdivisión principal de un género, compuesto de miembros que reúnen caracteres comunes heredados y procrean únicamente con los de la misma subdivisión.
Esterilla	Rejilla muy liviana de varillas delgadas, se utiliza para elaborar muros de bambú y su realización es sencilla; se hacen cortes en los nudos de la vara de bambú, luego se unen estos cortes a modo de que se despliegue el bambú.
Fideicomisos	Es un contrato o convenio en virtud del cual una persona individual o jurídica, llamada fideicomitente o también fiduciante, trasmite bienes, cantidades de dinero o derechos, presentes o futuros, de su propiedad a otra persona (una persona física o persona jurídica, llamada fiduciaria), para que esta administre o invierta los bienes en beneficio propio o en beneficio de un tercero llamado fideicomisario.
Flexión	Encorvamiento transitorio que experimenta un sólido por la acción de una fuerza que lo deforma elásticamente. Estado en que se encuentra una pieza al ser sometida a fuerzas que provocan esfuerzos compresivos sobre una parte de la sección transversal y tensivos sobre la otra.
Frágil	Quebradizo; de naturaleza débil.

Género	Subdivisión biológica de una subfamilia, divisible por sí mismo en especie.
Inoderus minutus	Es el escarabajo oriundo del continente asiático que afecta en gran manera al bambú, el cual se ha logrado expandir por todas aquellas regiones del mundo donde crece el bambú utilizando los distintos medios de transporte.
Latifoliada	Árboles con un tronco con una ramificación desordenada, sus hojas son anchas y pueden ser perennes o caedizas.
Macollas	Conjunto de cañas que nacen de un mismo pie de una planta.
Pastizal	Terreno donde abunda el pasto.
Preservación	Conservación o protección contra un daño o peligro que atente contra las características de algo.
Probeta	Pieza de pequeño tamaño, representativa de la calidad de un material de construcción. Su forma, dimensiones, fabricación y conservación están generalmente normalizadas y se utilizan para ensayar dicho material.
Propiedades mecánicas	Propiedades que determinan el comportamiento de un material bajo fuerzas aplicadas.
Rebrotos	Volver a brotar una planta.

Resistencia	Cusa que se opone a la acción de una fuerza, su medida establece las relaciones entre cargas exteriores aplicadas y sus efectos en el interior de los sólidos.
Rodal	Conjunto de elementos que, ordenadamente relacionadas entre sí, contribuyen a un fin determinado.
Sistema	Conjunto de elementos que, ordenadamente relacionadas entre sí, contribuyen a determinado objetivo.
Sistema de Thorntwaite	Sistema que se utiliza para la clasificación climática. Las clasifica por zonas y se basa en los conceptos de evapotranspiración potencial y en el balance de vapor de agua.
Solución habitacional	Es la solución que le permite a una familia disponer de condiciones mínimas satisfactorias de espacio, salubridad, saneamiento básico, confort y calidad en general.
Subsidio directo de vivienda	El subsidio es un aporte estatal, otorgado por una sola vez al grupo familiar beneficiario, con el objetivo de facilitar su acceso a una solución habitacional adecuada, sin cargo de restitución, siempre que el beneficiario cumpla con las condiciones que establece la ley, el reglamento y el manual operativo de FOGUAVI.
Zona de vida	Es una forma de describir áreas con similares comunidades de plantas y animales.

RESUMEN

En este trabajo de graduación se propone una vivienda de bajo costo elaborada con material de bambú, para que sea utilizada como una solución factible para la problemática habitacional, específicamente en las áreas de clima cálido-húmedo.

Los departamentos que se caracterizan por este clima son: Jutiapa, Santa Rosa, Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu, San Marcos e Izabal. Esta es un área donde el bambú, por el clima, es ideal para su crecimiento y rápida reproducción, siendo atributos importantes para que esta vivienda surja como una solución real y factible. Además, que este material está siendo considerado como el acero del siglo XXI, debido a sus excelentes propiedades mecánicas como material para la construcción, siendo ligero, flexible, económico pero sobre todo, de los materiales con mayor eficacia para contrarrestar sismos, siendo estos, eventos adversos naturales muy frecuentes en el país.

Esta vivienda se diseñó no solamente con el propósito de reducir costos; los cuales fueron comparados con una vivienda del mismo tipo que en la actualidad están siendo construidas para minimizar la problemática en el país, sino que también se diseñó teniendo como prioridad la calidad habitacional de la familia, puesto que esto dignifica a la persona y le brinda seguridad. El número de unidades de vivienda que se producen anualmente va en aumento, pero la calidad va disminuyendo, y esto es una preocupante situación, debido a que las familias beneficiadas ya no cuentan con una vivienda para largo plazo, y esto produce desestabilización emocional, física y económica.

La especie de bambú que mayormente se utiliza para la construcción en América Latina es la *Guadua*. Esta especie es la que se eligió para la propuesta de vivienda, debido a que en la actualidad en Guatemala, se da casi en cualquier lugar, especialmente en las áreas de clima cálido-húmedo. Este material es esencial para desarrollar comunidades y pueblos ecológicos, que puedan apoyarse en el desarrollo sustentable, protegiendo el ambiente, preservando lo que hoy se tiene. Además, la capacidad reproductiva del bambú permite que se preserven otros bosques más delicados, al no talarlos para que no sea usada su madera como materia prima.

OBJETIVOS

General

Proponer un método de construcción con bambú, de vivienda de bajo costo, para disminuir el déficit habitacional existente en el país y mejorar la calidad de vida de las familias guatemaltecas en áreas de clima cálido-húmedo en situaciones de pobreza, extrema pobreza y por casos fortuitos.

Específicos

1. Apoyar, fomentar y regular las condiciones necesarias para brindar a las familias guatemaltecas de áreas de clima cálido-húmedo que se ven afectadas por esta problemática, el acceso a una solución habitacional digna y adecuada.
2. Poder ayudar a la mayor cantidad de familias por medio de un diseño eficaz y de bajo costo.
3. Optimizar por medio de otras técnicas de construcción, la utilización del bambú y con el uso de materiales, se puedan reducir costos; teniendo siempre en cuenta que se deberá dar una buena calidad de construcción y sobre todo el compromiso de elaborar una vivienda donde las familias puedan desarrollarse y satisfacer sus necesidades básicas de vivienda.

INTRODUCCIÓN

La situación habitacional existente en Guatemala es bastante crítica y preocupante. Ha sido generada por la pobreza, desastres y otros factores que han hecho que familias no cuenten con una vivienda capaz de suplir sus necesidades básicas. Esta situación se puede observar tanto en el área urbana como en el área rural.

Esta problemática hace surgir la idea de desarrollar un diseño de vivienda de bajo costo, que sea desarrollado con el material del bambú y estará limitado a las áreas de clima cálido-húmedo. Este material y el clima mencionado contienen características sumamente importantes para que esta especie surja como parte de una solución real y factible; puesto que es muy económico y es el clima ideal para su crecimiento y rápida reproducción.

Los departamentos a investigar y que se caracterizan por este clima son: Jutiapa, Santa Rosa (sur), Escuintla, Suchitepéquez, Retalhuleu, San Marcos (oeste), Izabal y Petén.

Este trabajo de graduación, también tiene como propósito calcular el presupuesto detallado de la vivienda propuesta, con el objetivo de conocer la cuantificación de los materiales a utilizarse y sobre todo analizar los costos de esta vivienda de bambú comparada con una vivienda tradicional elaborada con block y concreto armado, para poder conocer mejores soluciones a la problemática considerada.

El bambú se utilizará desde la cimentación hasta la estructura de techos de la vivienda, para que sustituya en su mayoría a los materiales tradicionales con los cuales se ha construido en los últimos años, con el fin de reducir costos de construcción de una vivienda popular y así beneficiar a mayor cantidad de familias, teniendo claro que, sobre todos los factores que conformarán a este diseño, se encuentra como prioridad la calidad habitacional de la familia, puesto que esto dignifica a la persona y le brinda seguridad.

1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

1.1. Áreas de clima cálido-húmedo en Guatemala

El clima es producto de los factores astronómicos, geofísicos y meteorológicos, adquiriendo características particulares por la ubicación en el planeta.

El clima en Guatemala es muy variable debido a los factores antes expuestos. A pesar de su relativamente pequeña extensión territorial, Guatemala cuenta con una gran variedad climática, producto de su relieve montañoso.

Regularmente, el clima es templado en las mesetas y semitropical en las costas, aunque, básicamente, existen tres climas de acuerdo a la temperatura; templado, cálido y frío.

El clima templado se da en los lugares que están entre 1 000 y 2 000 metros de altitud sobre el nivel del mar, con una temperatura agradable.

El clima cálido se caracteriza por ser un clima de temperatura alta, que se da en los lugares con elevaciones de entre 0 y 1 000 metros sobre el nivel del mar, por lo que a las regiones que tienen este clima se las llama tierra caliente o costa, porque se encuentra, por lo general en las costas, como Escuintla y Puerto Barrios.

Estas costas guatemaltecas son bajas, aunque la brisa de los océanos ayuda a que no sean tan cálidas como en otros lugares. Hay algunos lugares secos donde llueve poco y el terreno es bajo, como Zacapa, y que también se les conoce como tierra caliente.

El clima frío se da en lugares que se localizan entre los 2 000 y los 3 500 metros de altura sobre el nivel del mar, haciéndose notar este clima en los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán y Huehuetenango. Durante los meses de diciembre, enero y febrero, pueden llegar a tener temperaturas inferiores a los 16 grados centígrados

El clima en la meseta central de Guatemala es templado, con una media de 15 grados centígrados en todo el año. La estación de lluvias se presenta entre mayo y noviembre. Las precipitaciones anuales de la zona norte oscilan entre los 1 525 milímetros y los 2 540 milímetros; la ciudad de Guatemala, en las montañas del sur, recibe cerca de 1 320 milímetros de promedio anual. Esto propicia que en el país existan ecosistemas tan variados que van desde los manglares, de los humedales del pacífico, hasta los bosques nublados de alta montaña. Las áreas varían en su clima, elevación y paisaje, por lo cual hay contrastes dramáticos entre las zonas bajas con un clima tropical, cálido y húmedo, y las regiones altas, picos y valles.¹

¹ Asociación de Amigos del País. Historia General de Guatemala. p 19.

Figura 2. Zonas climáticas de Guatemala, Sistema Thorntwaite



Fuente: <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/zonas%20climaticas.html>. Consulta: febrero 20 de 2013.

El clima cálido-húmedo es el que interesa para el tema de investigación debido a que el bambú; en especial la especie a estudiar; la *Guadua*, se da casi en cualquier lugar, pero principalmente en esta área. Este clima está comprendido en la siguiente región:

- Planicie costera del pacifico: esta región se extiende desde el departamento de San Marcos hasta Jutiapa (San Marcos, Huehuetenango, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa, Jutiapa), con elevaciones de 0 a 300 metros sobre el nivel del mar. Las lluvias tienden a disminuir conforme se llega al litoral marítimo con deficiencia durante cierta parte del año, los registros de temperatura son altos.

En esta región existen climas de género cálido sin estación fría bien definida, de carácter húmedo con invierno seco que varía a semiseco y con invierno seco. La vegetación en esta área varía de bosque a pastizal en el sector oriental.²

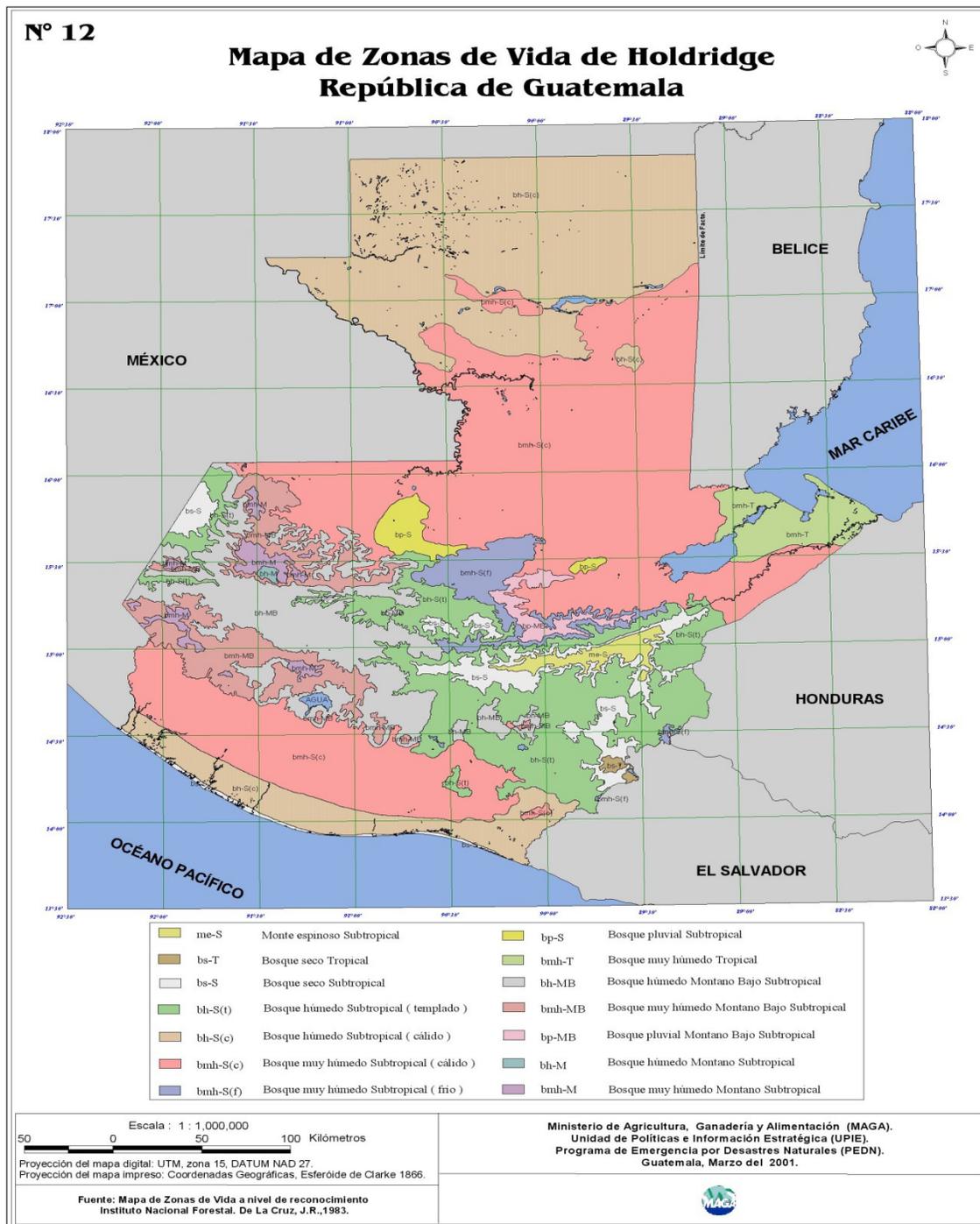
1.1.2. Sistema de Holdridge

El sistema de Holdridge hace uso de zonas de vida debido a que sus unidades no solo afectan a la vegetación, sino también a los animales y, en general, cada zona de vida representa un hábitat distintivo desde el punto de vista ecológico y en consecuencia un estilo de vida diferente.

Las zonas de vida importantes para el crecimiento y producción del bambú son: la zona bosque húmedo subtropical (cálido) y la zona bosque muy húmedo subtropical (cálido), principalmente estas zonas debido al clima favorable para el desarrollo del bambú. A continuación se muestra el mapa de zonas de vida de Holdridge para Guatemala:

² <http://es.scribd.com/doc/16745477/Biodiversidad-de-Guatemala>. Consulta: febrero 20 de 2013.

Figura 3. Mapa de zonas de vida de Holdridge de Guatemala



Fuente: <http://www.conap.gov.gt/quienes-somos/ mapas-tematicos>. Consulta: mayo de 2013

1.2. Déficit habitacional en Guatemala

El concepto del déficit habitacional es el conjunto de las necesidades insatisfechas de la población en materia habitacional, existentes en un momento y un territorio determinados.

1.2.1. Todo el país

Tradicionalmente el país ha medido sus necesidades habitacionales en términos del déficit cuantitativo que pretende identificar el número de viviendas requeridas para satisfacer necesidades habitacionales existentes.

Según el estudio del Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MICIVI), si se resta del déficit cuantitativo el componente de vivienda no propia (alquilada), pero en buen estado, la necesidad de construcción de vivienda nueva se reduce al 10 por ciento del déficit total, dejando claro que la mayoría de las necesidades tratan de mejoramientos cualitativos.

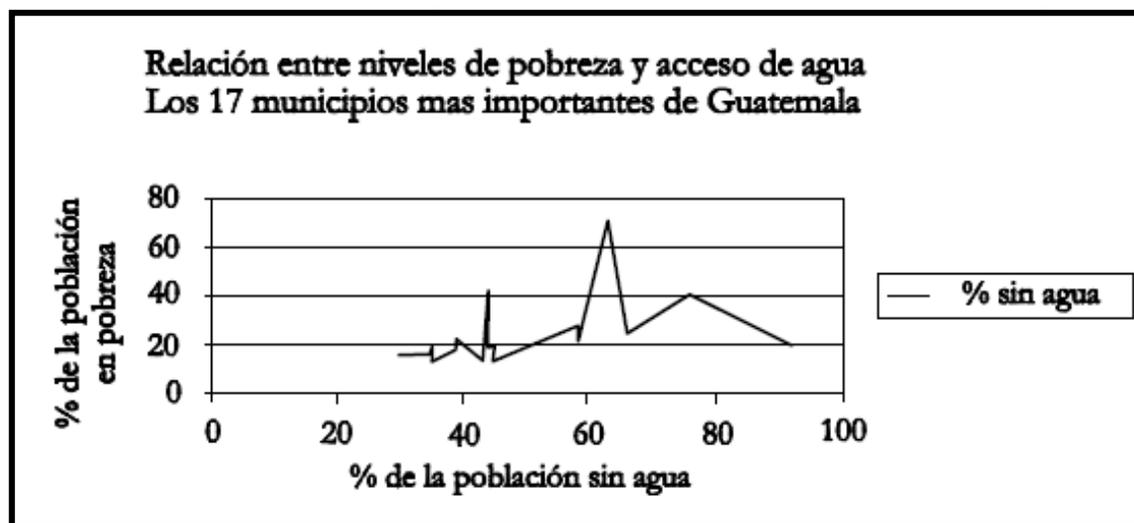
Por una parte este concepto aclara la gran capacidad del país, tanto del sector formal como del informal, en cuanto a la producción de vivienda. En el último período censal (1994-2002), la construcción de viviendas aumentó a un ritmo de 4,7 por ciento anual mientras la formación de hogares creció a un ritmo de 4,1 por ciento anual. Las cifras son más marcadas para la población urbana, donde los porcentajes fueron el 8,4 por ciento y 7,9 por ciento, respectivamente.

El número de unidades de vivienda que se producen anualmente va en aumento, pero la calidad va disminuyendo. Para comprender mejor esto, se puede considerar la producción de viviendas comparada con la provisión de servicios de agua. En los cinco municipios de mayor crecimiento poblacional

durante el mismo período censal, se observó reducción en la cobertura de agua a nivel urbano desde 12 por ciento en Antigua, 15 por ciento en Quetzaltenango, hasta 17 por ciento en Cobán y Chimaltenango, y 18 por ciento en Escuintla. Las cifras sugieren que el país está produciendo viviendas para acomodar el incremento de la población, pero está atrasado en proveer los servicios que pueden convertir estas casas en comunidades.

Si bien este déficit cualitativo destaca por su tamaño y por su dinámica, se concentra mayoritariamente entre la población más pobre. De los afectados por el déficit cuantitativo de vivienda, la gran mayoría (el 70 por ciento) se encuentra entre el 20 por ciento que posee mayores ingresos comparados al sueldo mínimo para un trabajador según la ley en el país. Menos del 20 por ciento están por debajo de esa misma comparación. En cambio, en los hogares afectados por el déficit cualitativo de vivienda se concentran un 75 por ciento dentro de los 50 por ciento más pobres.

Figura 4. **Relación entre niveles de pobreza y acceso al agua**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística. *Censo de población y habitación 2002*. p. 24.

El déficit cualitativo de vivienda se manifiesta claramente en términos de costos sociales, ya que la falta de agua potable y saneamiento representan un alto costo monetario por obtención de agua de mala calidad, en forma esporádica y en el exterior de la vivienda. Lo anterior tiene como consecuencia altos gastos en medicamentos para tratar enfermedades transmitidas por agua y contaminación del ambiente. Finalmente reducen la capacidad de producción de las personas del hogar, ya que deben invertir tiempo para la obtención y traslado del agua a la vivienda.

De la misma manera, se puede aducir a la falta de energía eléctrica costos elevados por adquisición de insumos para sustitución de esta energía en el hogar, reducción de la capacidad de generación de ingresos por actividades productivas asociadas al excedente de tiempo de las amas de casa y la reducción de la capacidad de producción en microempresas o empresas asociadas al lugar de habitación.³

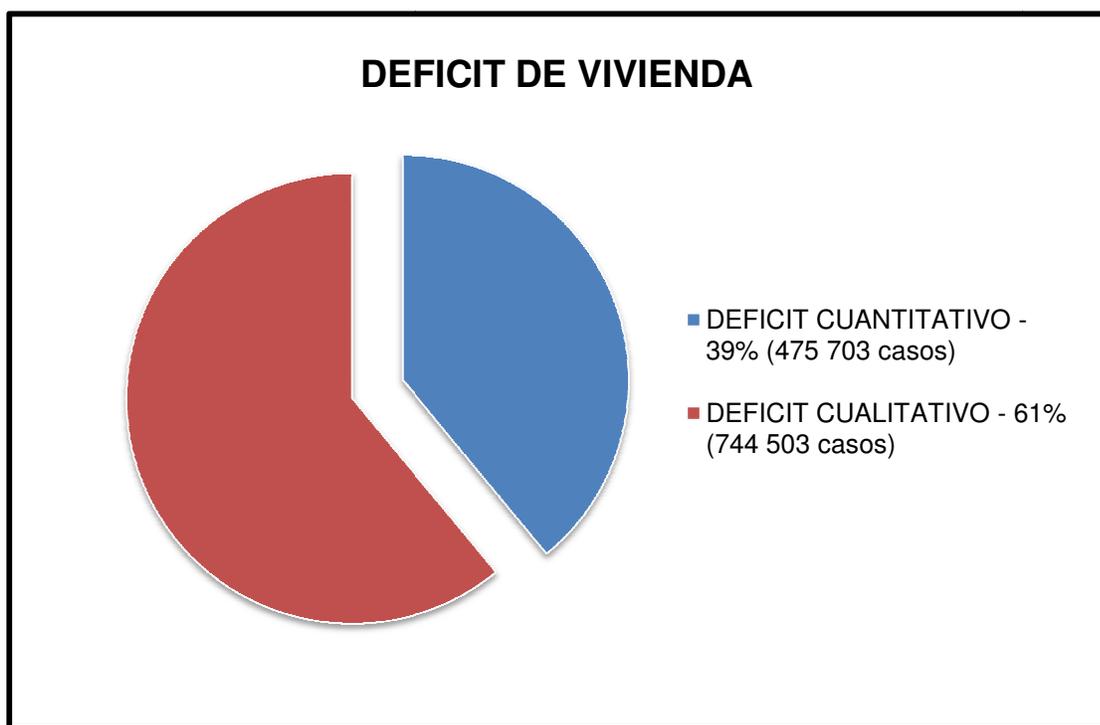
De acuerdo con información del Fondo Guatemalteco de la Vivienda (Foguavi, 2012), del Ministerio de Comunicaciones, el déficit de vivienda llega a 1 220 207 habitantes. De esa cifra se desprende:

- El déficit cuantitativo de vivienda, conocido como la situación donde el ciudadano carece absolutamente de una vivienda, es alto. En este rubro se identifica un total de 475 703 casos, es decir el 39 por ciento del déficit de vivienda.

³ VELASCO, Omar; SOLO TOBA, María. *La problemática habitacional, el desarrollo comunitario y la exclusión financiera en Guatemala*. 2008. p. 34.

- El déficit cualitativo, representa a las personas que si bien poseen vivienda, esta no reúne las condiciones mínimas de habitabilidad, por estar construidas en condiciones precarias y carecer de los servicios básicos o por estar erigidas en zonas de alto riesgo que ponen en peligro la vida de sus habitantes. En este rubro se concentra un total de 744 503 casos, lo que representa el 61 por ciento del déficit de vivienda.⁴

Figura 5. **Déficit de vivienda**



Fuente: elaboración propia

⁴ Empresa de Gestión Y Planificación Municipal. *Guatemala, Índices de déficit habitacional*. 2011.

En las siguientes tablas se encuentran las estadísticas del déficit de vivienda cuantitativo y cualitativo de toda la República de Guatemala (ver tablas I y II).

Tabla I. **Déficit cuantitativo de vivienda desagregado por departamento (2002)**

Déficit cuantitativo								
Departamentos	Total de Hogares		Vivienda inadecuada (1)		Vivienda no propia (2)		Subtotal (1) + (2)	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Guatemala	565 853	100%	55 464	9,80%	138 458	24,47%	193 922	34,27%
Alta Verapaz	133 568	100%	2 776	2,08%	9 016	6,75%	11 792	8,83%
Baja Verapaz	41 882	100%	608	1,45%	3 431	8,19%	4 039	9,64%
El Progreso	30 038	100%	867	2,89%	3 134	10,43%	4 001	13,32%
Izabal	64 064	100%	3 414	5,33%	8 989	14,03%	12 403	19,36%
Zacapa	42 839	100%	1 167	2,72%	5 349	12,49%	6 516	15,21%
Chiquimula	59 872	100%	1 170	1,95%	4 192	7,00%	5 362	8,96%
Santa Rosa	62 559	100%	2 401	3,84%	9 832	15,72%	12 233	19,55%
Jalapa	46 259	100%	1 013	2,19%	3 918	8,47%	4 931	10,66%
Jutiapa	79 974	100%	1 549	1,94%	7 463	9,33%	9 012	11,27%
Sacatepéquez	49 687	100%	2 145	4,32%	7 963	16,03%	10 108	20,34%
Chimaltenango	83 516	100%	3 457	4,14%	8 833	10,58%	12 290	14,72%
Escuintla	116 043	100%	11 501	9,91%	23 523	20,27%	35 024	30,18%
Sololá	54 915	100%	957	1,74%	2 888	5,26%	3 845	7,00%
Totonicapán	58 765	100%	332	0,56%	2 171	3,69%	2 503	4,26%
Quetzaltenango	119 851	100%	3 671	3,06%	16 007	13,36%	19 678	16,42%
Suchitepéquez	79 191	100%	5 988	7,56%	13 855	17,50%	19 843	25,06%
Retalhuleu	47 766	100%	2 929	6,13%	7 411	15,52%	10 340	21,65%
San Marcos	139 683	100%	3 879	2,78%	7 926	5,67%	11 805	8,45%
Huehuetenango	144 385	100%	2 024	1,40%	4 873	3,38%	6 897	4,78%
Quiché	111 801	100%	1 482	1,33%	4 103	3,67%	5 585	5,00%
Petén	68 097	100%	1 760	2,58%	6 209	9,12%	7 969	11,70%
Totales	2 200 608	100%	110 554	5,02%	299 544	13,61%	410 098	18,64%

Fuente: Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, con base en INE, XI Censo de Población y VI Censo de Habitación 2002.

Tabla II. **Déficit cualitativo de vivienda desagregado por departamento (2002)**

Déficit cualitativo								
Departamento	Ranchos (3)		Hacina-miento (4)		Subtotal (3) + (4)		Total (3)+ (6)	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Guatemala	3 054	0,54%	55 235	9,76%	58 289	10,30%	252 211	44,57%
Alta Verapaz	27 447	20,55%	39 626	29,67%	67 073	50,22%	78 865	59,04%
Baja Verapaz	3 841	9,17%	8 857	21,15%	12 698	30,32%	16 737	39,96%
El Progreso	1 28	4,26%	4 973	16,56%	6 253	20,82%	10 254	34,14%
Izabal	10 665	16,65%	12 365	19,30%	23 03	35,95%	35 433	55,31%
Zacapa	2 051	4,79%	8 596	20,07%	10 647	24,85%	17 163	40,06%
Chiquimula	7 046	11,77%	13 878	23,18%	20 924	34,95%	26 286	43,90%
Santa Rosa	2 399	3,83%	12 892	20,61%	15 291	24,44%	27 524	44,00%
Jalapa	1 785	3,86%	10 636	22,99%	12 421	26,85%	17 352	37,51%
Jutiapa	2 335	2,92%	18 039	22,56%	20 374	25,48%	29 386	36,74%
Sacatepéquez	1 765	3,55%	7 709	15,52%	9 474	19,07%	19 582	39,41%
Chimaltenango	2 241	2,68%	18 524	22,18%	20 765	24,86%	33 055	39,58%
Escuintla	4 699	4,05%	22 446	19,34%	27 145	23,39%	62 169	53,57%
Sololá	703	1,28%	14 764	26,89%	15 467	28,17%	19 312	35,17%
Totonicapán	338	0,58%	13 714	23,34%	14 052	23,91%	16 555	28,17%
Quetzaltenango	3 784	3,16%	25 109	20,95%	28 893	24,11%	48 571	40,53%
Suchitepéquez	5 027	6,35%	24 585	31,05%	29 612	37,39%	49 455	62,45%
Retalhuleu	3 717	7,78%	13 234	27,71%	16 951	35,49%	27 291	57,13%
San Marcos	6 478	4,64%	58 255	41,71%	64 733	46,34%	76 538	54,79%
Huehuetenango	5 939	4,11%	55 576	38,49%	61 515	42,60%	68 412	47,38%
Quiché	10 826	9,68%	36	32,20%	46 826	41,88%	52 411	46,88%
Petén	11 736	17,23%	17 326	25,44%	29 062	42,68%	37 031	54,38%
Totales	119 156	5,41%	492 339	22,37%	611 495	27,79%	1 021 593	46,42%

Fuente: Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, con base en INE, XI Censo de Población y VI Censo de Habitación 2002.

1.2.2. **Áreas de clima cálido-húmedo**

En los siguientes párrafos, se presentan los departamentos de Guatemala incluidos dentro del presente estudio y que constituyen en su mayoría territorial, departamentos con clima cálido-húmedo.

1.2.2.1. Jutiapa

Este departamento se encuentra situado en la región sur-oriente de Guatemala. Su cabecera departamental es Jutiapa y limita al norte con los departamentos de Jalapa y Chiquimula; al sur con el departamento de Santa Rosa y el océano Pacífico y al este con la república de El Salvador. Su territorio es quebrado, montañoso y volcánico y aunque su clima es templado, hay municipios de clima frío y zonas de tierra caliente, pues sus cabeceras oscilan entre los 1 233 metros sobre el nivel del mar en Conguaco y los 407 metros sobre el nivel del mar en Asunción Mita, descendiendo su terreno hasta el litoral del océano Pacífico.⁵

Tabla III. **Déficit de vivienda del departamento de Jutiapa**

Jutiapa	
Total de hogares	79 974
Déficit cuantitativo	
Vivienda inadecuada	1 549 casos
Vivienda no propia	7 463 casos
Total	9 012 casos
Porcentaje	11,27%
Déficit cualitativo	
Rancho	2 335 casos
Hacinamiento	18 039 casos
Total	20 374 casos
Porcentaje	25,48%
Déficit total	36,75%

Fuente: elaboración propia

⁵ *Mi Jutiapa. [en línea].* www.mijutiapa.com. Consulta: mayo de 2013.

1.2.2.2. Santa Rosa

Departamento situado en la región sudeste de Guatemala, su cabecera departamental es Cuilapa (conocido como el ombligo de América por encontrarse en el centro del continente). Limita al norte con los departamentos de Guatemala (departamento) y Jalapa; al sur con el océano Pacífico; al este con los departamentos de Jutiapa; y al oeste con el departamento de Escuintla. Por su configuración geográfica que es bastante variada, sus alturas oscilan entre los 214 y 1 330,25 metros sobre el nivel del mar, con un clima que varía desde el frío en las montañas hasta el cálido en la costa del Pacífico, pero generalmente templado.⁶

Tabla IV. **Déficit de vivienda del departamento de Santa Rosa**

Santa Rosa	
Total de hogares	62 559
Déficit cuantitativo	
Vivienda inadecuada	2 401 casos
Vivienda no propia	9 832 casos
Total	12 233 casos
Porcentaje	19,55%
Déficit cualitativo	
Rancho	2 399 casos
Hacinamiento	12 892 casos
Total	15 291 casos
Porcentaje	24,44%
Déficit total	43,99%

Fuente: elaboración propia

⁶ *Somos Guatemala [en línea]* <http://www.somosguatemala.com/departamentos/santa-rosa/>. Consulta: mayo de 2013.

1.2.2.3. Escuintla

Escuintla, además de ser un departamento de Guatemala, su cabecera departamental la tercera ciudad más grande del país. Tiene un clima tropical y es una región con muchas fincas grandes. Escuintla está bañada por las aguas del océano Pacífico, y produce cerca del 43 por ciento del producto interno bruto guatemalteco, es estadísticamente el departamento, provincia o región en Mesoamérica con menor índice de desempleo y pobreza extrema, datos que contrastan con la realidad económico-social de Guatemala.⁷

Tabla V. **Déficit de vivienda del departamento de Escuintla**

Escuintla	
Total de hogares	116 043
Déficit cuantitativo	
Vivienda inadecuada	11 501 casos
Vivienda no propia	23 523 casos
Total	35 024 casos
Porcentaje	30,18%
Déficit cualitativo	
Rancho	4 699 casos
Hacinamiento	22 446 casos
Total	20 374 casos
Porcentaje	17,56%
Déficit total	47,74%

Fuente: elaboración propia.

⁷ *Escuintla departamento [en línea]*. [http://es.wikipedia.org/wiki/Escuintla_\(departamento\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Escuintla_(departamento)). Consulta: mayo de 2013.

1.2.2.4. Suchitepéquez

Suchitepéquez se encuentra en la región sur occidental de Guatemala, limita al norte con Quetzaltenango, Sololá y Chimaltenango, al sur con el océano Pacífico, al este con Escuintla; y al oeste con Retalhuleu. Con un clima generalmente cálido, aunque el departamento posee una variedad de climas debido a su topografía, su suelo es naturalmente fértil, apto para toda clase de cultivos.⁸

Tabla VI. **Déficit de vivienda del departamento de Suchitepéquez**

Suchitepéquez	
Total de hogares	79 191
Déficit cuantitativo	
Vivienda inadecuada	5 988 casos
Vivienda no propia	13 855 casos
Total	19 843 casos
Porcentaje	25,06%
Déficit cualitativo	
Rancho	5 027 casos
Hacinamiento	24 585 casos
Total	29 612 casos
Porcentaje	37,39%
Déficit total	62,45%

Fuente: elaboración propia.

1.2.2.5. Retalhuleu

Retalhuleu se encuentra situado en la región sur occidental de Guatemala. Limita al norte con Quetzaltenango, al sur con el océano Pacífico, al este con Suchitepéquez; y al oeste San Marcos y Quetzaltenango. La cabecera

⁸ *Suchitepéquez departamento [en línea]*. <http://es.wikipedia.org/wiki/Suchitep%C3%A9quez>. Consulta: mayo de 2013.

departamental se encuentra a una distancia de 190 kilómetros de la ciudad Capital de Guatemala. Retalhuleu posee un clima cálido todo el año ya que sus temperaturas van de los 22 a los 34 grados centígrados.⁹

Tabla VII. **Déficit de vivienda del departamento de Retalhuleu**

Retalhuleu	
Total de hogares	47,766
Déficit cuantitativo	
Vivienda inadecuada	2,929 casos
Vivienda no propia	7,411 casos
Total	10,340
Porcentaje	21.65%
Déficit cualitativo	
Rancho	3,717 casos
Hacinamiento	13,234 casos
Total	16,951 casos
Porcentaje	35.48%
Déficit Total	57.13%

Fuente: elaboración propia.

1.2.2.6. Izabal

Izabal se encuentra situado en la región nororiental de Guatemala. Limita al norte con el departamento de Petén, república de Belice y el mar Caribe; al sur con el departamento de Zacapa; al este con la República de Honduras; y al oeste con el departamento de Alta Verapaz. La climatología es generalmente cálida. En el centro del departamento se encuentra el lago de Izabal, el más grande de Guatemala.¹⁰

⁹ *Retalhuleu departamento [en línea]*. <http://es.wikipedia.org/wiki/Retalhuleu>. Consulta: mayo de 2013.

¹⁰ *Izabal departamento [en línea]*. <http://es.wikipedia.org/wiki/Izabal>. Consulta: mayo de 2013.

Tabla VIII. **Déficit de vivienda del departamento de Izabal**

Izabal	
Total de hogares	64 064
Déficit cuantitativo	
Vivienda inadecuada	3 414 casos
Vivienda no propia	8 989 casos
Total	12 403 casos
Porcentaje	19,36%
Déficit cualitativo	
Rancho	10 655 casos
Hacinamiento	12 365 casos
Total	23 030 casos
Porcentaje	35,95%
Déficit total	55,31%

Fuente: elaboración propia.

1.3. Familias afectadas por esta problemática en el área de clima cálido-húmedo de Guatemala

Esta problemática no discrimina a las personas por su edad o color de piel, aunque sí por su condición económica, de tal manera que los sectores afectados son los que carecen de un lugar digno para vivir, lo que repercute en distintos aspectos de su desarrollo y de la falta de oportunidades para su superación.

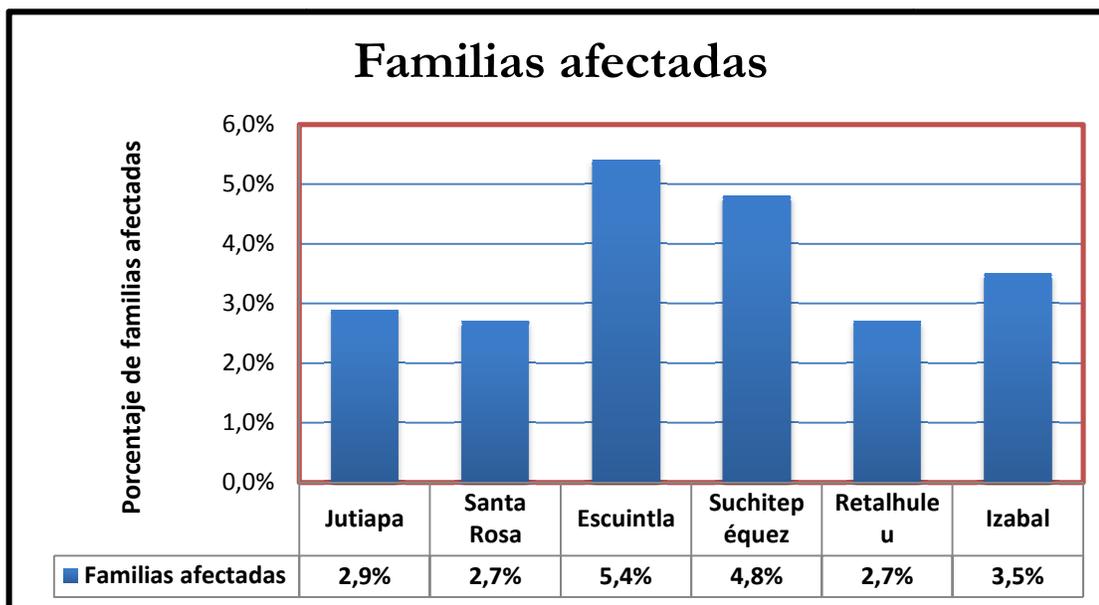
Tabla IX. **Familias afectadas por el déficit de vivienda**

Departamento	Jutiapa	Santa Rosa	Escuintla	Suchitepéquez	Retalhuleu	Izabal	Guatemala (país)
No. hogares	79 974	62 559	116 043	79 191	47 766	64 064	2 200 608
No. familias afectadas	29 386	27 524	55 398	49 455	27 291	35 433	1 021 593

Fuente: elaboración propia

En la tabla IX se puede observar que en esta región de clima cálido-húmedo se tiene bastante agravada esta problemática de familias afectadas, por no tener una vivienda digna o por no contar con esta misma. Estos departamentos representan el 22 por ciento a nivel nacional, siendo necesario viviendas para largo plazo; capaces de brindar seguridad y dignificar a las personas.

Figura 6. **Gráfico de familias afectadas**



Fuente: elaboración propia.

Haciendo una comparación con base en relación de hogares en estos departamentos y las familias afectadas; resulta un 51 por ciento de promedio, siendo esto bastante grave, debido a que más de la mitad de hogares de estos departamentos están siendo afectados y comparados con el porcentaje a nivel de país de esta misma relación, se observa que es el 46 por ciento; siendo esto

aun más preocupante para estos departamentos que están por encima del promedio de hogares afectados de la republica.

El departamento con mayor porcentaje de familias afectadas es Escuintla; teniendo un 5,4 por ciento. Este porcentaje es el más elevado comparado con los demás departamentos representados en la gráfica, debido a las fuertes tormentas, catástrofes y ubicación geográfica en el país que han afectado a los hogares de este vulnerable departamento.

2. INSTITUCIÓN FONDO GUATEMALTECO PARA LA VIVIENDA (FOGUAVI)

El Fondo Guatemalteco para la Vivienda, FOGUAVI, surgió en 1992, entonces adscrito al Ministerio de Desarrollo Urbano y Rural, en sustitución del Banco Nacional de la Vivienda (Banvi). En 1995, fue reestructurado y pasó a manos del Ministerio de Economía; en 1996, se establece la Ley del Fondo Guatemalteco de la Vivienda, y un año después se integraría al Ministerio de Comunicaciones.

FOGUAVI tiene como objetivo apoyar a las familias guatemaltecas en situación de pobreza y pobreza extrema, en sus esfuerzos de provisión de una solución habitacional a través de la asignación de subsidios directos, dando un aporte el beneficiario, y si fuera el caso, el préstamo complementario, para brindarles una solución habitacional a las familias.

Para tener acceso a este subsidio, los grupos familiares deberán cumplir con los requisitos establecidos en las bases legales.

2.1. Marco legal

Las bases legales en que se rige la vivienda en Guatemala se encuentran indicados en:

- Constitución Política de la República de Guatemala
- Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos

- Reglamento de la Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos
- Fondo Guatemalteco para la Vivienda
 - Manual operativo del sistema financiero integrado del fondo guatemalteco para la vivienda.

2.1.1. Constitución Política de la República de Guatemala

La Constitución Política de la República de Guatemala establece en los artículos 67, 105 y 119; literal g, que el Estado de Guatemala debe garantizar el desarrollo integral del ser humano y fomentar con prioridad la planificación y construcción de viviendas adecuadas, a fin de asegurar a todos los habitantes una mejor calidad de vida.

El Estado apoyará la planificación y construcción de conjuntos habitacionales, estableciendo los adecuados sistemas de financiamiento, que permitan a los trabajadores optar por viviendas adecuadas y que llenen las condiciones de salubridad.

El régimen económico y social de la república de Guatemala se basa en los principios de justicia social, por lo tanto tiene como obligación orientar la economía nacional y de esta manera incrementar la riqueza y tratar de lograr empleo y distribuir el ingreso nacional equitativamente.

El Estado también tiene como obligación fundamental el velar por la elevación del nivel de vida de todos los habitantes del país procurando el bienestar de la familia y el de fomentar con prioridad la construcción de viviendas populares, mediante sistemas de financiamientos adecuados a efecto de que el

mayor número de familias guatemaltecas las usen en propiedad. En las situaciones de pobreza y extrema pobreza, se creará algún mecanismo que ayude a solucionar el problema de la vivienda en este sector mayoritario.

Cuando se trate de viviendas emergentes o en cooperativa, el sistema de tenencia podrá ser diferente.

2.1.2. Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos - Decreto número 120-96 - El Congreso de la República de Guatemala

Esta ley tiene por objeto, apoyar, fortalecer, fomentar y regular las acciones del Estado y los habitantes de la república, con el fin de desarrollar el sector vivienda y asentamientos humanos para establecer las bases institucionales, técnicas y financieras, que permitan a la familia acceder a una solución habitacional digna y adecuada.

Para cumplir con el fin que señala la Constitución Política de la República de Guatemala, de procurar el bienestar de la familia, el Estado debe lograr que las familias guatemaltecas tengan una vivienda adecuada, por lo que es de suma importancia el marco legal; para que oriente las acciones y permita la participación conjunta de las instituciones y de los sectores sociales.

La vivienda, además de ser un derecho humano fundamental, contribuye a crear condiciones favorables para elevar el nivel de vida y seguridad jurídica de la familia, por lo que debe concebirse como un componente integrado y coordinado de la política de desarrollo nacional.

La carencia de vivienda adecuada en Guatemala es tan elevada que resulta indispensable estructurar el sector, a fin de dar una respuesta oportuna a la problemática habitacional. Lo que obliga a interaccionarse y complementarse entre los actores, instituciones y procesos involucrados en la solución de la problemática.

2.1.2.1. Reglamento de la Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos

Este reglamento fue creado el 22 de mayo de 1998. Para la correcta aplicación de las disposiciones contenidas en la Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos, se hace necesario emitir las normas reglamentarias correspondientes. En ejercicio de la función que le corresponde el artículo 183, literal e) de la Constitución Política de la República de Guatemala y el artículo 35 del Decreto 120-96 del Congreso de la República acuerda el siguiente reglamento:

- El sector de vivienda y asentamientos humanos a que se refiere la Ley de Vivienda y asentamientos Humano, está conformada por todas aquellas personas, individuales o jurídicas e instituciones públicas o privadas que intervienen ya sea en la producción, edificación, desarrollo, intermediación, promoción o financiamiento, así como, en el otorgamiento de garantías y la comercialización de soluciones habitacionales.
- Las municipalidades deben facilitar y procurar el desarrollo de la vivienda y los asentamientos humanos, dando especial prioridad a todo lo relacionado con esta materia, con el propósito de lograr mayor producción de viviendas.

2.1.3. Fondo Guatemalteco para la Vivienda (FOGUAVI)

El Fondo Guatemalteco para la Vivienda (FOGUAVI), tiene como objetivo apoyar a las familias guatemaltecas en situación de pobreza y pobreza extrema, en sus esfuerzos de provisión de una solución habitacional a través de la asignación de subsidios directos que, con el aporte familiar y, si fuera el caso, el préstamo complementario, permita adquirir la solución habitacional a las familias. Para tener acceso a este subsidio, los grupos familiares deberán cumplir con los requisitos establecidos en la Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos, el Reglamento de la Ley y el presente Manual operativo del sistema financiero.

Las funciones del Fondo Guatemalteco para la Vivienda son las siguientes:¹¹

- Obtener y administrar los recursos financieros de conformidad con la presente ley y reglamentos respectivos.
- Crear los mecanismos necesarios para el otorgamiento del subsidio.
- Constituir fideicomisos con las entidades intermediarias aprobadas para el financiamiento de soluciones habitacionales.
- Supervisar la utilización de los recursos fideicometidos con las entidades intermediarias aprobadas.
- Participar en el mercado de capitales para la colocación de títulos valores con base en la cartera hipotecaria que se genere con los recursos fideicometidos.
- Administrar títulos valores emitidos por el Estado para canalizar los fondos a programas de vivienda.

¹¹ Guatemala. *Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos*. Capítulo 2; artículo 19.

- Crear mecanismos que promuevan la participación de capitales privados, nacionales y extranjeros en el financiamiento de vivienda.
- Fomentar el ahorro interno, por medio de las entidades intermediarias, para el financiamiento de vivienda.
- Propiciar la creación de los mecanismos necesarios que permitan el aprovechamiento del ahorro a largo plazo.
- Establecer los instrumentos para el manejo de los fondos del Estado en administración.
- Elaborar los reglamentos, manuales y normas técnicas que correspondan, y en general, todas aquellas funciones que de manera específica se le atribuyan en la presente ley y reglamentos respectivos,

2.1.3.1. Manual operativo del sistema financiero integrado del Fondo Guatemalteco para la Vivienda

Este manual cumple con el objetivo de dar a conocer en forma actualizada y completa los términos, condiciones y procedimientos que se aplicarán en la operatividad del Fondo Guatemalteco para la Vivienda, relacionados con el Sistema Financiero Integrado, el cual se conforma por los componentes de subsidio directo, aporte propio y préstamo en condiciones de mercado.

El objetivo del manual es establecer los términos, condiciones y procedimientos que se aplicarán en el otorgamiento del subsidio directo del Fondo Guatemalteco para la Vivienda, en su componente de subsidio directo, orientado a las personas en situación de pobreza y pobreza extrema, que les permita el acceso a una solución habitacional adecuada, financiado con los recursos que se determinen en el presupuesto de ingresos y egresos del Estado, en cada período de vigencia y los que se obtengan de otras fuentes con este

destino. El programa tiene cobertura nacional y se aplica en todas las zonas urbanas y rurales de la república de Guatemala.

Para efectos de lo establecido en el manual, los beneficiarios podrán aplicar el subsidio para uno de los siguientes tipos de solución, de acuerdo con las siguientes definiciones:¹²

- Lote con servicios completos

Se entenderá como adquisición de lote con servicios completos aquella solución habitacional familiar que consiste básicamente en el desarrollo urbanístico de fincas o fracciones de fincas, que incluyan la dotación de agua potable, sistema de drenajes de aguas servidas, sistema de evacuación de aguas pluviales, red de energía eléctrica, planta de tratamiento de desechos líquidos, áreas de cesión y recreativas y calles con capa de rodadura pavimentadas.

- Lote con vivienda

Se entenderá como adquisición de lote con vivienda aquella solución habitacional familiar que consiste básicamente en el desarrollo urbanístico de fincas, fracciones de fincas o fincas filiales, que incluyan una vivienda con la dotación de agua potable, sistema de drenajes de aguas servidas, sistema de evacuación de aguas pluviales, red de energía eléctrica, planta de tratamiento de desechos líquidos, áreas de cesión y recreativas y calles con capa de rodadura pavimentada.

¹² Guatemala. *Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos*. Capítulo 3.

- Construcción en lote propio

Construcción en lote propio, es aquella solución habitacional familiar que consiste en la realización de una obra destinada para suplir la falta de vivienda o la sustitución de una vivienda inadecuada en un terreno bajo propiedad o posesión documentada por la municipalidad respectiva o por institución de gobierno autorizada para el efecto, diseñada de acuerdo a las especificaciones de FOGUAVI.

- Mejoramiento y reparación

Mejoramiento y reparación de una solución habitacional familiar, es aquella que consiste en una obra de mejora en: piso, paredes, techo, puertas y/o ventanas, de una vivienda existente en un terreno bajo propiedad o posesión documentada por la Municipalidad respectiva o por institución de gobierno autorizada para el efecto. Asimismo, se podrán efectuar mejoras en baños y áreas de preparación de alimentos, siempre que la solución habitacional existente cumpla con los requisitos de habitabilidad y la misma posea una estructura física adecuada.

- Ampliación

Ampliación es aquella solución habitacional familiar que consiste en una obra de construcción de un nuevo ambiente para extender la vivienda existente, en un terreno bajo propiedad o posesión documentada por la municipalidad respectiva o por institución de gobierno autorizada para el efecto, tal como construcción de una habitación, un cuarto de servicio sanitario o un área de elaboración de alimentos.

- Introducción de servicios básicos

Introducción de servicios básicos, es aquella solución habitacional que consiste en introducir servicios a viviendas existentes, tales como: fosa séptica, pozo de absorción, redes de distribución de agua potable, sistema de drenajes de aguas servidas, sistema de evacuación de aguas pluviales, red de energía eléctrica, entre otros.

2.2. Método constructivo aplicado

El método constructivo que es aplicado en la actualidad para la elaboración de una vivienda por FOGUAVI.

2.2.1. Descripción

Para su aplicación, deberá cumplir con el siguiente procedimiento establecido por FOGUAVI:

- Preparación de plataforma y trazo.
- Zanjeo para cimiento corrido.
- Punteo y colocación de armaduras (cimiento corrido y columnas), tubería de electricidad, tubería de agua potable y pines.
- Formaleteado para fundición de cimiento corrido.
- Levantado de muros hasta mojinetes.
- Fundición de columnas, pines y soleras.
- Colocación de costaneras y laminado.
- Instalación de tubería para drenaje.
- Fundición de piso.
- Instalación de artefactos sanitarios.

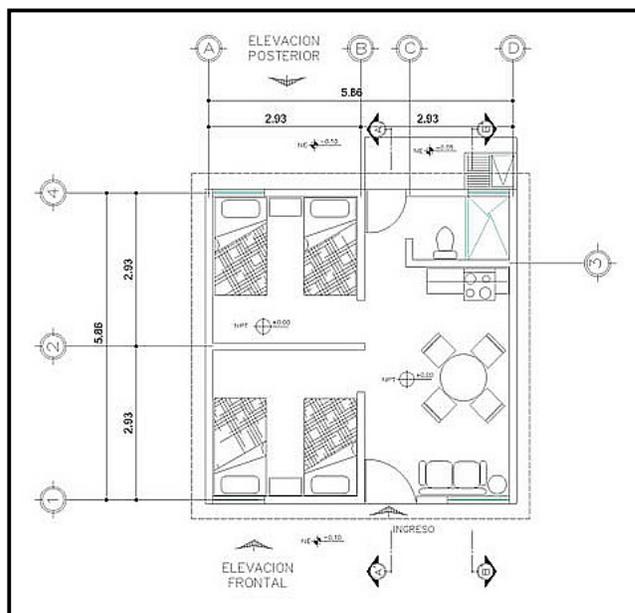
- Instalación eléctrica de fuerza e iluminación.

Existen 2 tipos de vivienda para las distintas situaciones mencionadas anteriormente, que son:

- La vivienda tipo A se distribuye en:
 - 2 dormitorios
 - Sala – comedor – cocina
 - Servicio sanitario
 - Área de pila

La vivienda tipo A se debe construir en un área donde existe sistema de drenaje.

Figura 7. **Vivienda tipo A**

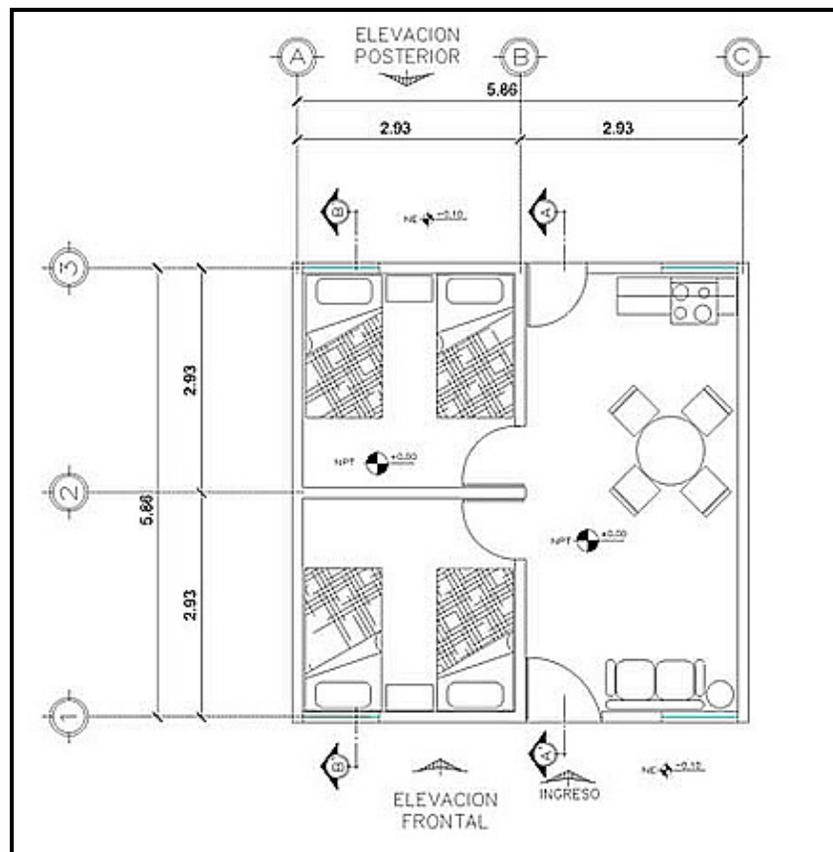


Fuente: Fondo Guatemalteco para la Vivienda.

- La vivienda tipo B se distribuye en:
 - 2 dormitorios
 - Sala – comedor – cocina
 - Total en metros = 36 metros cuadrados

La vivienda tipo B debe estar construida en un área donde no existe Sistema de drenaje.

Figura 8. **Vivienda tipo B**



Fuente: Fondo Guatemalteco para la Vivienda.

2.3. Materiales utilizados en la construcción de viviendas

Los materiales que utiliza FOGUAVI en la construcción para los diferentes modelos de vivienda son los siguientes:

- Cimentación y levantado de muros
 - Cimiento corrido prefabricado en forma triangular (T-1)
 - Block de 14x19x39 centímetros, con una resistencia de 25 kilogramos por centímetro cuadrado.
 - Cemento
 - Pegablock
 - Arena de río
 - Piedrín triturado
 - Varillas de acero número 3
 - Alambre de amarre
 - Madera

- Sistema de agua potable
 - Tubería PVC para agua potable de 1 / 2 pulgada de diámetro
 - Accesorios para tubería de PVC para agua potable
 - Pegamento para PVC

- Sistema de drenaje sanitario
 - Tubería de PVC para drenaje de 2 y 3 pulgadas de diámetro
 - Accesorios para tubería de PVC para drenaje
 - Pegamento para PVC

- Sistema eléctrico de fuerza e iluminación
 - Ducto de ½ pulgada de diámetro
 - Vueltas de ½ media pulgada de diámetro para ducto
 - Cable eléctrico número 12
 - Cinta de aislar
 - Accesorios para sistema eléctrico de fuerza e iluminación

- Techos
 - Lámina galvanizada de calibre número 28
 - Costaneras metálicas.
 - Tornillos polser de ¼ de pulgada
 - Varillas de soldadura eléctrica
 - Madera

- Acabados
 - Puertas metálicas
 - Ventanas metálicas con paletas
 - Lavamanos
 - Inodoro
 - Regadera
 - Reposadera para regadera

2.4. Decreto 9-2012 de la Ley de Vivienda

En febrero de 2012 el congreso aprobó el Decreto 9-2012 de la Ley de Vivienda, en donde se sustituye del Fondo Guatemalteco para la Vivienda

(Foguavi) por el Fondo para la Vivienda (FOPAVI). En diciembre de 2012 se publicó el reglamento el cual estableció nuevos montos de subsidios para la construcción de nuevas casas, el que pasó de Q. 20 000,00 a Q. 35 000,00.

Según Víctor Corado, viceministro de Vivienda, esta nueva ley ayudará a disminuir las cifras, ya que cuentan con cuatrocientos veinte millones de quetzales para la construcción de unas 12 000 unidades habitacionales cada año; y aquellas personas que resulten beneficiadas deberán aportar material de construcción y mano de obra valorada en Q. 3 500,00.

Otro de los beneficios de la Ley de Vivienda es la legalización de los asentamientos y estiman que cada año se escrituren 10 000 casas, según destacó Ricardo González, director de la Unidad de Vivienda Popular (UDEVIP), adscrito al Ministerio de Comunicaciones.¹³

¹³ BATRES, Alexis. *El periódico de Guatemala*. p. 39.

3. EL BAMBÚ

La planta conocida como bambú, botánicamente está clasificada como *Bambusoide*; pertenece a la familia de las gramíneas, al igual que el maíz, el trigo, el arroz y otras plantas alimenticias.

Por las características que presentan su tallo o culmo se le considera como una planta leñosa. Sus tallos se caracterizan por tener forma cilíndrica con entrenudos huecos y separados transversalmente por tabiques o nudos a distancias similares que le proporcionan mayor rigidez, flexibilidad y resistencia.

Figura 9. **Bambú especie *Guadua*, finca de Escuintla**



Fuente: Centro de Investigaciones del ICTA en Cuyuta, Masagua, Escuintla.

El bambú se encuentra en todos los continentes excepto en Europa, es un recurso natural prominente en muchas regiones tropicales, semitropicales y

templadas del mundo, a latitudes de 46 grados norte a 47 grados sur y alturas que van desde el nivel del mar hasta 4 000 metros.

Se han identificado alrededor de 1 500 variedades y unos 60 géneros, las variedades del bambú oscilan desde el bambú ornamental enano hasta algunos que puedan alcanzar una altura de 30 metros y un diámetro de 25 centímetros en la parte basal.

Existen miles de usos para esta gramínea, cuyo potencial puede ser aprovechado por todos. Los pueblos donde el bambú crece en forma natural han demostrado que ocupa un lugar muy especial en la vida diaria, los cogollos o interiores del bambú lo utilizan en el campo de la medicina y alimentación, los tallos lo utilizan en la fabricación de papel, artesanías, muebles y en la construcción.¹⁴

3.1. Generalidades

El bambú es denominado en diferentes ámbitos como: hierba de acero, dadas sus características físicas y mecánicas, también considerado por algunas sociedades en América Latina como un regalo de Dios por sus variados usos y facilidad de explotación sustentable, ha ganado espacios importantes en el orden internacional por su extensión en la producción de amplia gama de productos.

¹⁴ IXCOLIN OROXOM, Carlos Armando. Estado actual del bambú como material de construcción en Guatemala. p. 2.

El bambú es denominado: el acero del siglo XXI, ya que sin duda alguna, sus características lo hacen un material de enorme futuro. Esta planta siempre se ha destacado por su ligereza, flexibilidad y bajo costo. No obstante, tiene algunas debilidades, ya que sin ser tratado puede ser poco resistente a huracanes, a la lluvia o al ataque biológico. Sin embargo, en la actualidad la idea en torno al bambú está cambiando y este está siendo utilizado en exitosa relación constructiva con diferentes materiales que minimizan sus deficiencias.

Los ingenieros, arquitectos, técnicos, ingenieros forestales e industriales que consideran y aplican el bambú en sus propósitos le abren en la actualidad, a través de sus experiencias, un enorme panorama a la especie y rompen los prejuicios que han marginado a muchos países que tienen la riqueza del bambú, de gozar de una de sus más grandes maravillas naturales.

No hay que olvidar que en la carrera de la industrialización del bambú otros países le llevan a Guatemala, y a Latinoamérica en general, una ventaja importante, pero las condiciones ambientales que existen aquí para su producción son bastante favorables, lo que ayuda a penetrar con mayor facilidad al mercado y así generar desarrollo y divisas.¹⁵

3.2. Descripción

El bambú, respetando su ciclo de vida, es un recurso natural renovable, que ha sido empleado en la construcción en diferentes países. En la mayoría de los casos, la utilización del bambú ha sido de forma empírica, y los resultados obtenidos demuestran que es un material ideal para la construcción.

¹⁵ *Arquitectura sustentable* [en línea]. Argentina., Secretaría de Cultura; presidencia de la nación. <http://www.arqsustentable.net/>. Consulta: mayo 8 de 2013.

El bambú es un material versátil que puede usarse en la construcción de vivienda a nivel popular, lo mismo que en construcción o decoración de viviendas tipo residencial o estructuras arquitectónicas, logrando un ambiente placentero y acogedor.

3.3. Características

Dentro de sus beneficios ecológicos, el bambú es un procesador y fijador del dióxido de carbono (CO₂) mucho más eficiente que la mayoría de los árboles del bosque tropical; recientes estudios de la Unión Europea confirman que sus requerimientos de agua son mínimos y que las raíces son una excelente protección contra los deslizamientos de tierra; también se comprobó, durante los sismos de Colombia y Costa Rica, que las casas construidas con Bambú, son más resistentes a los movimientos telúricos que las casas de concreto.¹⁶

En el siguiente subtema se expone la clasificación de especies en Guatemala. Este trabajo de graduación estará enfocado específicamente en la especie llamada *Guadua*.

La *Guadua* se da casi en cualquier lugar, especialmente en las áreas de clima cálido-húmedo, se reproduce rápidamente y es muy económica, características sumamente importantes para que esta especie surja como una solución real y factible para el desarrollo de comunidades y pueblos ecológicos, que puedan apoyarse en el desarrollo sustentable, protegiendo el ambiente, preservando lo que hoy se tiene.

¹⁶ CASTRO ORDOÑEZ, Roberto José. Guía para la construcción de casas económicas con bambú. p. 16.

Su capacidad reproductiva permite que se preserven otros bosques más delicados, al no talarlos para que no sea usada su madera como materia prima. Su ciclo de vida oscila entre los 3 a 6 años para que esté en su fase de madurez, estando en esa fase apto para su utilización.

Estructuralmente, la *Guadua* posee propiedades sobresalientes, superando a la mayoría de las maderas, pudiendo ser comparadas con las del acero y algunas fibras de alta tecnología. La especie absorbe gran cantidad de energía, admite grandes niveles de flexión y, por lo tanto es ideal para levantar construcciones sismorresistentes, muy seguras y a costos muy bajos.

La idea generalizada que el bambú no ofrecía seguridad para construcciones complejas y que su uso debía limitarse únicamente a viviendas de tipo popular se introdujo en la construcción debido a que los arquitectos, ingenieros y otros, durante años, desconocieron testimonios históricos que hablaban de una tradición que se desarrolló desde finales del siglo XIX, en el que fue precisamente el bambú el material preferido para construir y contrarrestar los sismos. Esto al ser descubierto hizo surgir la necesidad de volver a los materiales sismorresistentes, y en especial al bambú, porque su poco peso es importante para reducir la fuerza sísmica.

La *Guadua* ofrece una lenta deformación de las estructuras, flexibilidad, estabilidad, ductilidad, forma regular, masa simétrica, peso liviano y un desplome que produce un menor número de víctimas mortales en actividad sísmica, contrario a lo que sucede con otros sistemas constructivos como la mampostería, que goza de gran tradición y confiabilidad en el país.

El bambú, especialmente la *Guadua*, ha sido sometido a estudios y ensayos en diversos lugares del mundo para determinar su comportamiento, y

se ha encontrado que representa un recurso importante en la aplicación para la construcción. Los resultados de estos estudios han sido tan favorables, que en muchos países de Latinoamérica se ha logrado ofrecer otra alternativa para la construcción de viviendas de familias que han sido damnificados por algún desastre natural, ofreciendo no casas de paso o albergues, sino viviendas permanentes donde la familia tenga la confianza y la tranquilidad de contar con una vivienda segura.

El bambú tiene características que hacen de él un material conveniente y económico para la construcción de la vivienda, como también para los andamiajes que facilitan la construcción. Estas características son las siguientes:

- Es un recurso natural renovable, que puede sustituir en parte a la madera como material de construcción.
- Se puede combinar con otros materiales de construcción como el concreto, hierro, madera y otros.
- Su forma circular y su sección, por lo general es hueca; lo que lo hace un material liviano, fácil de transportar y almacenar de forma conveniente y económica, lo que permite construir estructuras temporales o permanentes en tiempos relativamente rápidos.
- Los tallos tienen una estructura física que les proporciona alta resistencia en relación a su peso.

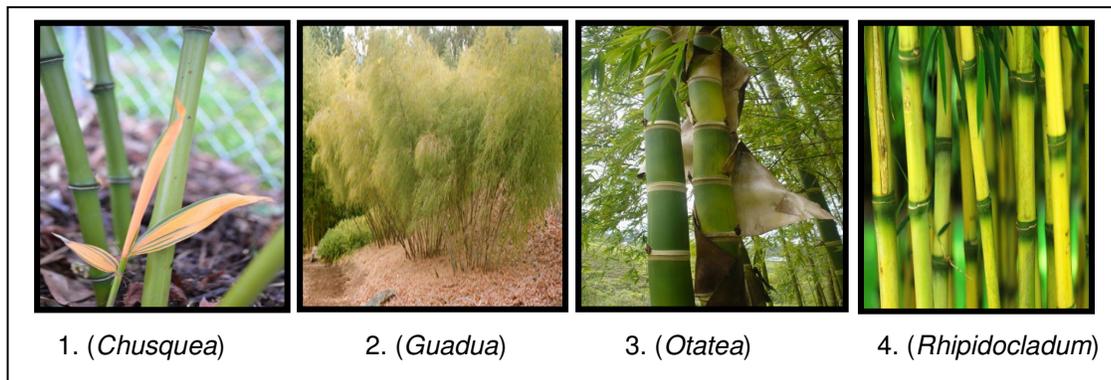
- En cada nudo del tallo se ubica un tabique transversal rígido, estratégicamente colocado, con fibras que favorecen su resistencia a la flexión debido a que las fibras del tallo corren en dirección longitudinal al tallo, lo que contribuye a evitar la ruptura al flexionarse.
- El comportamiento del bambú bajo cargas flexionantes, demuestra ser un material ideal para la construcción en zonas sísmicas.
- La superficie de muchos bambúes es limpia, dura, lisa, con un color atractivo y no requiere ser pintada, raspada o pulida, esto es así cuando las cañas han sido correctamente almacenadas y manipuladas.
- Proporciona a las construcciones elegancia y belleza.
- Los tallos no tienen corteza que puedan considerarse como desperdicio.
- La sustancia y la textura de las varas de bambú hace fácil la división a mano en piezas cortas (aserrándolas), o en tiras angostas (hendiéndolas). No se necesitan máquinas costosas, sino solo herramientas simples (machete, serrucho, etc.)
- El bambú es un recurso natural más sobresaliente en altura, resistencia y peso lo cual permite su empleo en todo tipo de elementos estructurales.
- La utilización del bambú en una construcción rural, además de resistente y económica, armoniza con el medio ambiente.
- El bambú se puede usar desde el cimiento hasta la cubierta de una vivienda.

- Del bambú también pueden obtenerse distintos materiales para elaborar muros, tales como esterillas, paneles contrachapeados y otros.
- Además de usarse como elemento estructural el bambú puede usarse para otras funciones en la construcción, tales como tuberías para el transporte de agua y en pequeñas secciones para drenaje.

3.4. Clasificación

Guatemala es un país que posee muchas variedades nativas de bambú (existen 5 géneros y 17 variedades) maderoso, cuya mayoría pertenecen al género *Chusquea* y el resto pertenecen a los géneros *Guadua*, *Otatea* y *Rhipidocladum*.

Figura 10. Diferentes variedades en Guatemala



Fuente: <http://www.flickr.com/photos.>; <http://arquitecturadelaGuadua.blogspot.com/>.
http://www.bamboogarden.org/table_otatea.html; www.bambumex.com. Consulta:
 mayo 5 de 2013.

Guatemala es uno de los primeros países centroamericanos en centrar su atención en el bambú como un potencial recurso renovable. Los bambúes

nativos maderosos están dispersos por todo el país, aunque el 33 por ciento de las especies pertenecen al género *Chusquea*, solamente dos *Chusquea longifolia* y *Chusquea nelsonii* son reportados como útiles.

La *Guadua* está representada por *Guadua aculeata*, *Guadua longifolia* y *Guadua paniculata*. La más grande en tamaño es la *Guadua aculeata*, la cual crece en toda la república, pero especialmente crecen en los departamentos de Izabal, Retalhuleu y Suchitepéquez. A esta especie se le llama tarro y es utilizada para la construcción de viviendas y usos generales.

Esta especie fue introducida en Guatemala desde Panamá en 1946 en el Jardín Experimental del Instituto Agropecuario Nacional (Hacienda Chicolá). En el mismo año, la *Guadua aculeata* de Honduras fue traída y cultivada. En el presente, 15 variedades asiáticas de bambúes son cultivadas en terrenos de Chocoma, La Máquina y Pantaleón.

Las especies de bambú maderoso nativas de Guatemala son:¹⁷

- *Arthrostylidium excelsum* (Grisebach)
- *Chusquea coronalis* (Soderstrom, Calderón)
- *Chusquea deflaxa* (Clark)
- *Chusquea lanceolata* (Hitchcock)
- *Chusquea liebmannii* (Fournier)
- *Chusquea longifolia* (Swallen)
- *Chusquea nelsonii* (Scribner, Smith)
- *Chusquea pittieri* (Hackel)

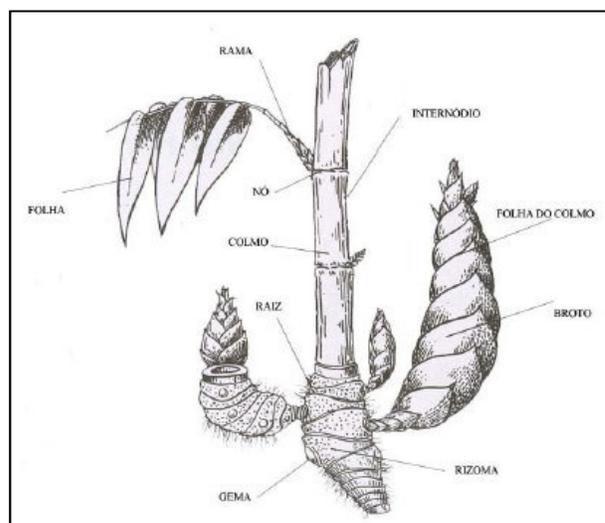
¹⁷ CASTRO ORDÓÑEZ, Roberto José. *Guía para la construcción de casas económicas con Bambú*. p. 8.

- *Chusquea simpliciflora* (Munro)
- *Chusquea sulcata* (Swallen)
- *Guadua Aculeata* (Fournier)
- *Guadua longifolia* (Fournier, Pohl)
- *Guadua Paniculata* (Munro)
- *Otatea fimbriata* (Soderstrom)
- *Rhipidocladum bartlettii* (McClure)
- *Rhipidocladum pittieri* (Hackel, McClure)
- *Rhipidocladum racemiflorum* (Steudel, McClure)

3.5. Composición

Es importante conocer detalladamente cada parte del bambú, para utilizar estas mismas con mayor eficiencia. A continuación se describe las partes que lo componen:

Figura 11. Partes del bambú



Fuente: <http://www.kilombotenonde.com>. Consulta: mayo 19 de 2013.

3.5.1. Rizoma

El bambú, al igual que otras gramíneas, se caracteriza por tener un sistema radicular fibroso, formado por raíces primarias, secundarias y raicillas superficiales. Además, algunas especies poseen raíces adventicias en los nudos inferiores de los tallos. El rizoma es como la raíz del bambú, fuerte, abundante y no profundiza más de un metro y medio. Almacena nutrientes, es el sostén de la planta y genera nuevos brotes con diámetros similares a los de la planta madre. De acuerdo con la forma y hábito de ramificación del rizoma, existen dos grupos principales y un intermedio. Al primero se le denomina Paquimorfo al segundo Leptomorfo y al tercero Anfipodial.

3.5.1.1. Grupo paquimorfo o simpodial

Se caracteriza por tener rizomas cortos y gruesos, con entrenudos asimétricos, más anchos que largos, sólidos, y con yemas laterales en forma de semiesfera, las cuales se desarrollan en nuevos rizomas y subsecuentemente en nuevos tallos. Los nuevos rizomas crecen horizontalmente en diferentes longitudes y luego su ápice voltea hacia arriba formando un tallo. Al año siguiente del crecimiento de los rizomas, una de las yemas de estos se activan formando otro rizoma, el que a su vez forma un tallo secundario. Normalmente el desarrollo de los rizomas es radial por lo tanto los tallos aéreos se ven aglutinados, formando macollas. Entre los géneros de este grupo están: *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*, *Elytrosatachys*, *Melocanna* y *Oxytenanthera*.

3.5.1.2. Grupo leptomorfo o monopodial

Se identifica por tener su rizoma en forma cilíndrica, con entrenudos huecos, separados transversalmente por tabiques o nudos. Por lo general los rizomas tienen sus entrenudos más largos que anchos y de menor diámetro que los tallos que originan. En cada nudo del rizoma existe una yema que al activarse produce un nuevo rizoma o tallo, por lo general el diámetro del tallo es mayor que el del rizoma. Los rizomas se ramifican lateralmente, formando redes entretejidas que pueden alcanzar una longitud hasta de 200 kilómetros por hectárea. Entre los géneros de este grupo están: *Arundinaria*, *Phyllostachys*, *Sasa*, *Semiarundinaria Shibataeae*, *Sinobambusa*.

3.5.1.3. Grupo anfipodial o intermedio

Se identifica por tener rizomas que presentan una ramificación combinada del grupo paquimorfo y leptomorfo en una misma planta. Existen pocos géneros en este grupo, entre ellos están; la *Chusquea* y algunas especies del género *Sasa*.

3.5.2. Culmo o tallo

Esta parte de la planta es la más usada por sus extraordinarias cualidades físicas y mecánicas, su forma y bajo peso. Se caracteriza por tener forma cilíndrica con entrenudos huecos y separados transversalmente por tabiques o nudos a distancias similares, aunque existen especies con formas fuera de lo común como: *Phyllostachys edulis* y *Phyllostachys* cuadrangulares, llamado bambú concha de tortuga y bambú cuadrado de la China respectivamente. El tallo no posee corteza, pero a su vez tienen una epidermis dura y cutinizada,

cubierta con una capa cerosa que la hace impermeable y evita la evaporación del agua que contiene sus paredes.

Es importante hacer mención que el bambú es la única planta cuyo tallo permite moldearse longitudinal y transversalmente en forma artificial, a través de formaleas de madera de sección cuadrada o rectangular, dentro de las cuales se hace desarrollar el tallo de bambú.

Los tallos varían según la especie en: colores, alturas y diámetros. En cuanto al color; la mayoría de las especies son verdes, existen también amarillos con rayas verdes, verdes con rayas amarillas, amarillos, blancos, rojos, púrpura y negros. En cuanto a la altura y el diámetro las diferencias son muy marcadas desde *Dendrocalamus giganteus* y *Bambusa Guadua* que llegan a desarrollar tallos de 30 centímetros de diámetro y 25 metros de longitud hasta *Arundinaria densifolia* con tallos de 0,5 centímetros de diámetro y apenas 1 metro de altura.

Algunas especies presentan tallos sólidos, que comúnmente en la India se le denomina bambúes machos y a los tallos huecos se les denomina bambúes hembras.

Los tallos emergen en el extremo del rizoma activado, por lo general con el máximo diámetro que va a tener de por vida una vez que brota, puesto que va disminuyendo gradualmente con su altura. El espesor de la pared del tallo también es variable, siendo mayor en la parte baja o basal del tallo y menor en la parte superior o apical del tallo, esta parte es la menos utilizable. El tallo llega a tener su máxima altura en el grupo paquimorfo en el lapso de los 80 a 180 días, y en el grupo leptomorfo en los 30 y 80 días.

Al completar su altura el tallo, de acuerdo de la especie, se inicia el crecimiento de las ramas y las hojas, hasta entonces el bambú es blando y poco resistente, utilizándose en esta etapa en la fabricación de artesanías por su fácil manejo, al establecerse las ramas y las hojas el bambú inicia su etapa de sazónamiento, convirtiéndose sus fibras cada día más resistentes, alcanzando su máxima resistencia entre 3 y 6 años según la especie. Después de haber pasado por las dos etapas anteriores el tallo empieza a envejecer, iniciándose lentamente a ponerse amarillo hasta que se seca completamente.

A diferencia de los árboles que llegan a desarrollarse entre los 12 y aún después de los 100 años, la velocidad de crecimiento de los tallos de bambú es tan rápida que no existe planta alguna que pueda compararse.

Debido a que el crecimiento del bambú se da a partir del rizoma, en un rodal es posible identificar los tallos que se encuentran en las diversas fases de desarrollo, tales como: rebrote o renuevo, verde o juvenil, maduros o adulto, sobremaduro y seco.

- **Rebrote o renuevo:** esta primera fase de desarrollo comprende desde su aparición del rebrote hasta conseguir la elongación completa de cada uno de los entrenudos, es decir, desde la parte superior del rizoma activado hasta la parte apical, en un término de 30 a 180 días. No existe presencia de ramas y hojas. En esta fase el tallo está cubierta por hojas caulinares que emergen de los nudos dando protección a los mismos y su resistencia es mínima.
- **Verde o juvenil:** esta segunda fase de desarrollo da inicio con desprendimiento de las hojas caulinares de la parte apical de tallo y mantiene dichas hojas en la parte basal, en los nudos y entrenudos se

presenta una pelusilla algo áspera, que se desprende al tocarla. Hay presencia de ramas primarias y secundarias, y crece gradualmente el follaje de la planta. Esta fase oscila entre los 180 días y 3 años.

- **Maduro:** en esta tercera fase el tallo no tiene hojas caulinares y en toda su longitud aparecen manchas liquinosas que son indicio de madurez, también contienen poca pelusilla pero bien adherida. Al término de esta fase, que dura entre 3 y 6 años, el tallo adquiere su máxima resistencia que lo hace apto para su aprovechamiento y aplicación en la construcción.
- **Sobremaduro y seco:** no es más que el resultado final del ciclo de vida del tallo, en el cual la resistencia del tallo se va perdiendo lentamente, hasta llegar a la muerte fisiológica. El tallo empieza adquirir un color amarillento, se vuelve quebradizo, y desaparece en su totalidad el follaje. No se debe llegar a esta fase, ya que se pierde la posibilidad de utilizar este recurso natural.

3.5.3. Hojas

Existen dos tipos de hojas en el bambú, el primer tipo es el que se desarrolla en la primera fase de crecimiento y se le denomina hojas caulinares y el segundo tipo se desarrolla en la segunda fase de crecimiento y se le denomina hojas de follaje:

- **Las hojas caulinares:** tienen una función importante en el desarrollo del bambú, y es proteger al retoño. Gran parte de la hoja es envainada y el limbo apenas desarrollado, pueden presentar vellosidad en la parte externa y en la interna una superficie lustrosa. La forma de la hoja caulinar

puede ser: triangular, ampliamente triangular, ampliamente copular y cuneiforme.

- Las hojas del follaje: se caracterizan por un gran desarrollo en el limbo, en la gran mayoría de los bambúes esta hoja es ancha, con la base comprimida, y unida a la vaina por un pequeño tallo. La vaina llega a ser más o menos proporcional al tamaño o al número de hojas en una rama. Las hojas del follaje presentan un peciolo corto, que en muchos casos tiene un pequeño abultamiento que las ayuda a orientarse según el sol y su forma puede ser: oblonga, ovalo-lanceolada, oblongo-lanceolada y lineal lanceolada.

3.5.4. Floración

En el proceso de floración, que dura entre 12 y 18 meses, la totalidad de las hojas caen y son sustituidas por flores. Se inicia con la aparición de las primeras flores en los extremos de las ramas y poco a poco estas van reemplazando a las hojas hasta que el tallo se transforma, de arriba hacia abajo, en una gran inflorescencia. Cuando las flores han madurado producen las semillas, estas semillas generalmente caen al suelo antes de madurar y finalmente el tallo comienza a secarse de arriba hacia abajo, hasta que muere al igual que el rizoma, en algunos casos los tallos se pueden recuperar rápidamente y no mueren. Existen dos tipos de floración, la primera denominada gregaria y segunda esporádica.

De acuerdo a registros llevados a cabo en varias oportunidades, tanto en la India como en países asiáticos, se ha logrado establecer el ciclo de vida de varias especies por ejemplo:

- *Bambusa arundinacea* 30-45 años
- *Bambusa polimorfa* 55-60 años
- *Dendrocalamus strictus* 20-40 años
- *Phyllostachys bambusorides* 120 años
- *Phyllostachys nigra* 60 años
- *Phyllostachys reticulata* 60-100 años

Por lo general, el bambú florece en los últimos meses del año y la maduración de las semillas se produce en los primeros meses del año siguiente.

Existen dos tipos de frutos en el bambú: el primero de tipo pequeño, un poco alargado y seco, se parece mucho al arroz, el segundo de tipo carnoso, algunas veces muy grandes. Todos los frutos del bambú son comestibles, por ejemplo, el primero se cocina en igual forma que el arroz. En la mayoría de los casos, los frutos caen al suelo antes de madurar, igualmente la posibilidad de germinación de la semilla es muy baja.¹⁸

3.6. Ensayos

Para poder utilizar técnicamente el bambú, especialmente la especie *Guadua* como material de construcción, ha sido necesario realizar varios ensayos, tanto en Guatemala como en los países interesados sobre este material para determinar sus propiedades tanto físicas como mecánicas, que permitan determinar los esfuerzos permisibles, con el fin de desarrollar un

¹⁸ IXCOLIN OROXOM, Carlos Armando. *Estado actual del bambú como material de construcción en Guatemala.* p.12.

análisis estructural adecuado, poder utilizar racionalmente el bambú y hacer de la practica constructiva, un método más económico.

Se describen a continuación ciertas propiedades del bambú y se especifican los valores obtenidos en los diferentes ensayos por el ingeniero Juan Francisco Urrutia realizados en la Facultad de Ingeniería de la USAC. Al finalizar la teoría de las propiedades del bambú se encuentra una tabla de valores cuantitativos que caracteriza dicha especie.

3.6.1. Características físicas

Las características físicas del bambú hacen de esta planta un material conveniente y económico para la construcción de la vivienda, es por ello que a continuación se detalla cada característica para conocer los parámetros que deberán tomarse en cuenta al momento de su utilización en obras civiles.

3.6.1.1. Contenido de humedad

El contenido de humedad varía en el interior del tallo y está influenciado por la edad, la época de corte y las características propias de la especie. Con un año de edad los cogollos tienen un contenido de humedad relativa, de alrededor de 120 – 130 por ciento. Los nudos presentan valores más bajos que los entrenudos, con diferencias de contenido de agua hasta el 15 por ciento, siendo más significativos en la parte basal que en la apical. En los tallos maduros el contenido de humedad en la base es más alto que en la parte apical.

Es importante mencionar que la estructura de la pared es diferente en el interior del tallo, lo que conlleva a tener variación también en el contenido de humedad, siendo mayor en la parte interna y menor en la externa.

El período estacional tiene una gran influencia en el contenido de humedad en el tallo, con un mínimo en el período seco seguido por un máximo en el período lluvioso, época durante la cual el tallo puede doblar el contenido de humedad. El contenido de humedad del bambú se expresa como un porcentaje de su peso seco al horno. Los datos que se mencionan en el presente trabajo se obtuvieron, cada uno, en el momento de realizar los ensayos físico-mecánicos.

3.6.1.2. Contracción

Las variaciones en el contenido de humedad producen cambios dimensionales en el bambú, estos cambios se deben a la pérdida o ganancia de agua higroscópica en la pared. El bambú sufre cambios en longitud, anchura y espesor de pared los cuales son aproximadamente proporcionales al contenido de agua del material por encima del punto de saturación de las fibras.

Cuando la humedad del bambú se equilibra con la del ambiente la contracción cesa. En los diferentes ensayos realizados en la USAC, sobre las propiedades mecánicas de varias especies de bambú, por lo general se estabiliza el contenido de humedad en un tiempo mínimo de 8 semanas a partir del corte, posteriormente la disminución en el contenido de humedad es mínima.

Para poder medir los cambios dimensionales del bambú, presentados durante el secado, se elaboraron dos tipos de probetas, en la primera se cortan cuadros de 4 cm de lado y en la segunda anillos de 2,54 centímetros.

3.6.1.3. Peso específico

Esta propiedad física resulta útil para conocer el peso del bambú por unidad de volumen. El peso específico difiere en cada especie y también varía

entre los tallos de una misma especie, en los diversos tramos del tallo, así como en las partes internas y externas del mismo.

Debido a la menor cantidad de parénquima en los nudos, el peso específico es generalmente más alto que en los entrenudos. En consecuencia y por la irregularidad en la disposición de la fibra, los nudos conducen a una importante reducción en la capacidad de resistencia a los diferentes esfuerzos.

3.6.2. Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas del bambú describen el modo que este responde al ser aplicada alguna fuerza o carga a dicho material. A continuación se detallada cada propiedad de este material.

3.6.2.1. Tensión paralela a la fibra y módulo de elasticidad

La mayor propiedad mecánica que posee el bambú es su alta resistencia a la tensión paralela a la fibra, es por ello que en algunos países lo utilizan en cables, para sostener grandes puentes colgantes soportando estos esfuerzos a tensión, además ha sido aprovechado como material de refuerzo en el concreto.

El bambú posee una mayor capacidad de resistencia a los esfuerzos de tensión paralela a la fibra, en la parte exterior de la pared del tallo que en el interior. Con relación a la sección transversal los tallos delgados presentan más resistencia que los tallos gruesos.

En la práctica, ejercer tensión longitudinal a una probeta de bambú o madera, es poco común. Esto radica en la dificultad de ajustar o agarrar

suficientemente los extremos para poder desarrollar durante el ensayo un esfuerzo puramente tensivo al miembro. Esta dificultad se manifiesta por la baja capacidad de resistencia al esfuerzo cortante y al clivaje que posee el bambú y que se producen en los agarres de las probetas.

3.6.3. Compresión paralela a la fibra y módulo de elasticidad

Gran parte del bambú aplicado en la construcción está sometido a esfuerzos de compresión paralela a la fibra, por ejemplo; en columnas, vigas, paralelas, soportes y otros, los cuales están sujetos a cargas que tienden a aplastar los miembros longitudinalmente.

La resistencia a la compresión del bambú es relativamente alta, pero carece de significado si no se especifica el grado de sazónamiento y la relación entre la longitud y el diámetro del elemento. Es importante definir el grado de sazónamiento puesto que, como en la madera, la humedad disminuye la rigidez de las células fibrosas, trayendo consigo una disminución de las propiedades mecánicas, sobre todo en compresión y flexión. Si la longitud del tallo es suficientemente grande con relación a la sección transversal mínima, la resistencia bajo cargas compresivas disminuye considerablemente por efecto de flexión lateral o pandeo. Por ende, una falla a flexión lateral se produce antes que se desarrolle por completo la resistencia a la compresión.

No existe diferencia entre la zona del nudo y del entrenudo al evaluar probetas a compresión paralela a la fibra. La falla se puede presentar por aplastamiento, con el plano de ruptura aproximadamente horizontal o por rajadura paralela a la fibra, presentándose esta última, principalmente en probetas sin nudos. Las probetas de ensayo tienen una altura equivalente a cuatro veces el diámetro exterior.

3.6.4. Corte paralelo a la fibra

El esfuerzo cortante es una medida de la capacidad que tiene el bambú en soportar fuerzas que tienden a producir deslizamiento de una porción del material con relación a otra porción adyacente. El corte es una fuerza que actúa paralelamente a un plano, todo lo contrario a la tensión y compresión paralela a la fibra que actúan perpendicularmente al área considerada. La fractura por corte es muy diferente de la tensión o compresión paralela a la fibra, puesto que no hay reducción localizada del área ni alargamiento.

El empleo del bambú en la construcción involucra la presencia de esfuerzos cortantes en mayor o menor grado y las fuerzas que los producen pueden actuar a lo largo de la fibra, a través de la fibra y en forma inclinada o en diagonal a la misma. En tallos con paredes de 10 milímetros de espesor, el esfuerzo cortante es aproximadamente un 11 por ciento más bajo que para tallos con paredes 6 milímetros de espesor, debido a la mayor distribución de fibras fuertes en la sección transversal. Estudios comparativos de resistencia a esfuerzos de tensión, flexión y cortante en maderas de roble, pino abeto y bambú, demuestra que este último es tan fuerte como las otras maderas en tensión y flexión, pero más débil al corte. El cortante de las maderas mencionadas oscila entre un 20 y 30 por ciento del esfuerzo a compresión, en tanto que el cortante en el bambú corresponde a un 8 por ciento del esfuerzo a compresión.

El esfuerzo de corte debe ser tomado muy en cuenta, especialmente en diseños de uniones o juntas. La mayoría de estos elementos constructivos están sujetos a corte paralelo a la fibra. Para corte perpendicular a la fibra no ocurre falla directa en el plano de la sección transversal, en vista de que las otras propiedades hacen que la falla ocurra en alguna otra forma, causado por

aplastamientos a través de la fibra. El efecto del corte diagonal se puede observar en los planos inclinados de falla en columnas cortas ensayadas a compresión. En los ensayos de corte paralelo a la fibra, el tipo de falla que generalmente ocurre es paralela a la fibra, de superficie plana y lisa.

3.6.5. Tensión perpendicular a la fibra

La tensión perpendicular a la fibra es la disgregación de las fibras por fuerzas que actúan perpendicularmente a las mismas, se relaciona estrechamente el clivaje por la acción de hender o separar el bambú a lo largo de la fibra. También está vinculado al fenómeno del agrietamiento superficial, del que son más o menos propensas todas las especies de bambú durante el secado. Por lo general, las grietas o rajaduras en la superficie se presentan cuando los esfuerzos que se crean durante el periodo de secado exceden a la resistencia del bambú en tensión perpendicular a la fibra. Es por ello que el bambú tiende a rajarse al uso de clavos para asegurar las uniones. En los ensayos de tensión perpendicular a la fibra todas las probetas fallaron por separación de las fibras, debido a la acción inducida por los esfuerzos a tensión.

3.6.6. Clivaje

La resistencia al clivaje es utilizada para medir la resistencia que ofrece el bambú al desgarramiento se expresa como la fuerza necesaria para provocar la falla por unidad de longitud (kg/cm). Una baja resistencia al clivaje favorece el corte longitudinal de los tallos, mientras que una alta resistencia sea requerida para uniones con penos, clavos y otros. En los ensayos el tipo de falla fue por separación de la fibra.¹⁹

¹⁹ URRUTIA REVILLA, Juan Francisco. *Propiedades físico mecánicas del bambú*. p. 38.

Tabla X. **Resultados de ensayos en especie *Guadua***

Resultados de ensayos en piezas pequeñas a la humedad indicados especie <i>Guadua</i>			
Propiedades físicas y mecánicas	Cantidad		
	Con nudo	Sin nudo	Dimensional
Peso específico aparente	0,62	0,62	g/cm ³
Contenido de humedad	14,3	14,3	%
Tensión paralela			
Esfuerzo máximo	1 023	1 670	Kg / cm ²
Módulo de elasticidad	1,54	2,31	Kg /cm ² x 10 ⁵
Tensión perpendicular	26	26	Kg / cm ²
Comprensión paralela			
Esfuerzo máximo	549	509	Kg / cm ²
Módulo de elasticidad	1,83	1,46	Kg /cm ² x 10 ⁵
Corte paralelo	100	100	Kg / cm ²
Clivaje	49	49	Kg / cm
Esfuerzos básicos sugeridos resultados de ensayos en piezas pequeñas secadas al aire especie <i>Guadua</i>			
Esfuerzo	Cantidad		
	Con nudo	Sin nudo	Dimensional
Tensión paralela			
Esfuerzo máximo	205	355	Kg / cm ²
Módulo de elasticidad	1,55	2,3	Kg /cm ² x 10 ⁵
Tensión perpendicular	5	5	Kg / cm ²
Comprensión paralela			
Esfuerzo máximo	115	95	Kg / cm ²
Módulo de elasticidad	1,85	1,45	Kg /cm ² x 10 ⁵
Corte paralelo	21	21	Kg / cm ²
Clivaje	10	10	Kg / cm

Fuente: URRUTIA REVILLA, Juan Francisco. *Propiedades físico mecánicas del bambú*. p.48.

3.7. **Discusión de resultados**

- Los resultados de los ensayos mecánicos indican que los valores de esfuerzo mayores son los de tensión paralela a la fibra y los menores los de tensión perpendicular. La razón entre la resistencia a la tensión paralela y perpendicular a la fibra llega ser tan alto como de 40 a 1. El valor de la resistencia a la compresión del bambú es bastante menor que

el de tensión. No obstante, el módulo de elasticidad a la compresión es ligeramente inferior que en tensión.

- Se observó en estos ensayos que en la *Guadua*; especie de pared gruesa, la resistencia a la compresión tiende a aumentar con la altura.
- En las diferentes pruebas que se realizaron se detectó que mientras más joven el bambú más bajo es su peso específico aparente.
- En los ensayos de corte se pudo analizar que existe cierto paralelismo con los resultados obtenidos de la prueba de compresión. En casi todas las especies el esfuerzo de compresión es de 4 a 5 veces el esfuerzo cortante. Con base en los datos proporcionados por los ensayos, se puede observar cierta proporcionalidad con la resistencias a tensión, compresión y corte paralelo a la fibra, pero no es posible relacionarla con los esfuerzos de tensión perpendicular y clivaje.
- Se determinó que, a mayor grado de madurez del tallo del bambú, mejores son sus propiedades tanto mecánicas como físicas. Notables en el contenido de humedad, debido a que mientras más maduro menos humedad, lo que es bastante importante para su óptima utilización.

4. RELACIÓN DEL BAMBÚ CON LOS MATERIALES TRADICIONALES

4.1. Generalidades

El bambú es un material cuyo uso en la actualidad está teniendo bastante auge en la construcción, por lo que por medio de estudios y ensayos se han conocido las características favorables para ser utilizado en armonía con otros materiales; que son de suma importancia para minimizar sus deficiencias.

Entre los materiales afines al uso del bambú se encuentran: concreto, acero y madera. Es necesario comparar las características estructurales de estos materiales para conocer mejor sus virtudes y poderlos utilizar eficientemente en la construcción.

Tabla XI. **Cuadro comparativo de las propiedades estructurales del bambú y otros materiales de construcción**

MATERIAL	Resistencia de diseño (kg/cm ²)	Masa por volumen (kg/m ³)	Relación de resistencia (r/m)	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)	Relación de rigidez (e/m)
Concreto	82	2 400	0,032	127 400	53
Acero	1 630	7 800	0,209	2 140 000	274
Madera	76	600	0,127	112 000	187
Bambú	102	600	0,170	203 900	340

Fuente: http://tesis.ula.ve/pregrado/tde_busca/archivo.php?codArchivo=2943. Consulta: febrero 12 de 2013.

4.2. Descripción

El bambú ha sido utilizado hace más de 5 000 años según sostienen algunos investigadores, pero solo como un componente estructural (pórticos y soportes) en las edificaciones de los primeros centros urbanos, poblados por los primeros grupos sociales de Mesopotamia, Egipto, India, Perú, China y Centroamérica. Para otros, como es el caso de la civilización China, su uso se remonta a la Edad de Piedra, por las esteras y cestas hechas de bambú descubiertas en las excavaciones de las ruinas de Hemodu y Shishan (provincia de Zhejiang, cerca de Shanghái) hace más de 5 000 años.

Existen narraciones populares donde mencionan que en la China hace 2 000 años, existía una especie llamada *Ti Chu* de 3,5 metros de diámetro. También existen otros documentos, como la del navegante Marco Polo, que en sus crónicas menciona haber encontrado en la India, bambúes de 45 centímetros de diámetro y 80 metros de longitud, que se utilizaron en la construcción de embarcaciones.

El bambú ha desempeñado una función realmente fundamental en el desarrollo de la civilización y cultura China, porque supieron aprovechar desde tiempos ancestrales, las bondades que brinda esta gramínea natural, y ese desempeño se debe al gran apoyo técnico y financiero por parte de su gobierno.

Como parte de esta información, no solo se pueden señalar a millones de viviendas de todo tipo, hechas con bambú, sino también a obras majestuosas, como templo chino de Kunming, construido en el año 1280, el de Taj Majal que se empezó a construir en 1631.

La China es considerada como el mayor exportador industrial del mundo, de todo tipo de obras hechas a base del bambú y actualmente tiene proyectado exportar estas obras a Japón, Rusia, Estados Unidos de América y Europa.

Figura 12. **Vivienda de bambú en China**



Fuente: <https://profiles.google.com/10535406176014070772/buzz>. Consulta: febrero 15 de 2013.

En América, especialmente en el Perú (época preincaica) y Centroamérica (olmecas, toltecas, aztecas y mayas), se han encontrado vestigios de usos del bambú, que datan con muchos años de antigüedad. Desde el tiempo de los preincas, en el Perú ya se utilizaba el bambú, como uno de los elementos estructurales en la construcción de viviendas, especialmente en la costa. En uno de los descubrimientos modernos más asombrosos, realizado hace más de una década, se encontró una ciudad llamada Caral (Supe-Lima), considerada actualmente como la ciudad más antigua de América y tal vez, las construcciones piramidales más antiguas del mundo. Es decir, al mismo tiempo que los mesopotámicos diseñaban sus primeras ciudades y antes que los egipcios levantaran sus famosas pirámides, ya en Caral existía este tipo de

edificaciones donde relacionaban la madera con el bambú (solo son proyecciones de algunos historiadores, arqueólogos, antropólogos y arquitectos, dado al corto tiempo de su descubrimiento).

Figura 13. **Ciudad de Caral, Perú; pórticos de bambú y madera**



Fuente: <http://ecelaspanish.com/wp-content/uploads/2012/07/excursion-lima-caral.jpg>. Consulta: febrero 24 de 2013.

En la década de los 90 se produjeron grandes desastres naturales en muchos países, produciendo miles de muertos y una masiva destrucción de viviendas, como sucedió con los terremotos ocurridos en Maharashtra (India) en 1993, en Puerto Limón (Costa Rica) en 1991, Armenia y el Eje Cafetero (Colombia) en 1999, lugares donde la presencia del bambú fue determinante, como refugio inmediato de damnificados. Al realizar las investigaciones relacionados con estos sismos de una forma casual, se descubren las excepcionales cualidades del bambú, como sucedió en el terremoto de 7,7 grados de magnitud, que sacudió a Puerto Limón (Costa Rica) en 1991, donde el ingeniero holandés Jules Janssen estuvo presente y pudo comprobar que todos los edificios de ladrillo y concreto habían colapsado, pero solo 20 estructuras

hechas de bambú, se mantuvieron de forma maravillosa, sin ninguna grieta, como lo manifestara Janssen.

En circunstancias similares, en el terremoto ocurrido en Armenia (Colombia) en 1999, el arquitecto Simón Vélez manifestó: “Materialmente no había quedado nada. El instinto de conservación nos obligó a remover paredes, muros, vigas, canaletas y otros muchos escombros. Después de mirar a nuestro alrededor, nos dimos cuenta que numerosas construcciones habían resistido la sacudida del sismo, por estar construidas con el bien calificado macro bambú. Este acontecimiento, lo motivó a promover la creación de un centro de estudios en Quindío”.

Así de esta manera, Colombia se coloca a la vanguardia de los países de América y salen a la palestra muchos investigadores, como: Óscar Hidalgo López, Marcelo Villegas, Ximena Londoño y el arquitecto Simón Vélez, considerado como el iconoclasta que diseña a manos libres, casi único en el mundo.

A partir de los años 80, se organizan reuniones un tanto protocolares, impulsadas por Óscar Hidalgo López, sobre los estudios realizados del bambú, como material de construcción.

Luego se suceden eventos de mayor envergadura como: el Primer Congreso Mundial del bambú en Pereira. (Colombia, 1992) , el Segundo Simposio Latinoamericano del Bambú, realizado en Guayaquil (Ecuador) en 1998, el Simposio sobre usos y servicios del bambú, llevado a cabo en Armenia (Colombia, 2001), el Congreso mundial del bambú, realizado en Costa Rica en 1998, la Feria Internacional del Bambú en Pereira (Colombia) en el 2004, Tercer Simposio Internacional del Bambú en Guayaquil (Ecuador 2006). También se

realizaron diferentes eventos en otras partes del planeta como: los talleres del Bambú en Cochin (India), en 1988, en Estados Unidos de América en el 2000 y en Ciudad del Cabo (Sudáfrica) en el 2001.

Actualmente, en diferentes partes del planeta, se está gestando una nueva alternativa de solución a los problemas de vivienda, a través de talleres de formación, consultorios regionales y publicaciones técnicas, como lo hace la Red Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR), una institución que cuenta con más de 25 estados miembros y más de 200 afiliados entre los que se encuentran países de Asia, África, América y algunos países de Europa y Oceanía.

En Guatemala su uso ha sido muy limitado, y de forma empírica, por falta de conocimiento en su utilización como material de construcción. En la actualidad ha tenido mayor auge debido a que empresas privadas, profesionales y la embajada de Taiwán se han dedicado a implementarlo y encontrarle el mayor provecho en la construcción. Estas entidades han relacionado diferentes materiales con el bambú con el propósito de brindar una mejor construcción tanto en el ámbito financiero como estructural.

La embajada de Taiwán en Guatemala tiene en la actualidad una mayor dedicación al bambú como material de construcción, siendo notorias en muchas escuelas y viviendas de beneficencia en ciertas áreas del país, explotando este preciado material para poder ayudar con la problemática de la vivienda.

Figura 14. **Construcciones con bambú**



Fuente: finca de bambú en Escuintla perteneciente a la embajada de Taiwán en Guatemala.

Figura 15. **Modelo de vivienda económica de bambú**



Fuente: finca de bambú en Escuintla. Perteneciente a la embajada de Taiwán en Guatemala.

El bambú puede ser utilizado para hacer partes de una casa con excepción del fogón de la chimenea. En la mayoría de los casos, sin embargo, el bambú es

combinado con otros materiales de construcción tales como: madera, arcilla, cal, cemento, hierro galvanizado, y hojas de palma, de acuerdo con su relativa eficiencia, disponibilidad y costo.

El uso del bambú como material de construcción, ya sea primario, secundario u ocasional, es común en las áreas donde el bambú adecuado crece en suficiente cantidad. La importancia del bambú, en cualquier región dada, está determinada habitualmente por el nivel económico de la gente común por el puesto de otros materiales más durables.

En ciertas áreas culturales, sin embargo, y especialmente en niveles económicos muy altos, como entre las partes cultas del Japón, Java y Malasia, el bambú es empleado arquitectónicamente en formas que son distintivas y básicamente artísticas. Cohen, indirectamente, alude a este reconocimiento de las virtudes especiales del bambú; El poste principal en una casa japonesa, caracteriza la casa en cuanto se considere la calidad y construcción. Los elementos estructurales del tejado son fijados al poste, y permite que una casa, adecuadamente construida, se mantenga en pie pese a los temblores de tierra. En ciertas construcciones se elaboran columnas de bambú que están elaboradas por dentro con concreto armado, con el propósito que tanto la varilla de hierro galvanizado como el concreto le den mayor rigidez a las columnas principales de la vivienda.

La relación del bambú con el concreto es inevitable en las cimentaciones donde se utiliza este material. El bambú es un material vulnerable a la humedad, por lo que debe emplearse en lugares estratégicos en la construcción, uno de los ejemplos más claros es en las columnas que tienen contacto con el suelo.

4.3. Características

Las características del bambú que se presentan, han sido extraídas de los informes sobre unas series de experimentos realizados bajo la dirección del profesor H. E. Glenn. A continuación se resumen las conclusiones obtenidas en los resultados de los ensayos elaborados y recomendaciones basadas según características del bambú:

Tabla XII. **Características del bambú en relación con concreto**

Características de vigas - bambú en relación con materiales tradicionales concreto (cemento, arena, pedrín).	
Esfuerzos de vigas	<ul style="list-style-type: none">• No impide la fisuración o resquebrajadura del concreto bajo cargas que excedan a aquella que pueda esperarse sea soportada por elementos de concreto sin armar, de las mismas dimensiones.• Aumenta la capacidad de carga de rotura total, considerablemente por encima de la que pueden esperarse del concreto sin armar de las mismas dimensiones.
Capacidad de carga de las vigas	<ul style="list-style-type: none">• Aumenta con el mayor refuerzo del porcentaje de bambú, hasta un valor óptimo. Este valor óptimo se alcanza cuando el corte transversal del esfuerzo longitudinal de bambú es 3 al 4 por ciento de la sección transversal del concreto de la viga.
Carga requerida para causar rotura	<ul style="list-style-type: none">• Es de 4 a 5 veces la requerida para vigas de concreto de las mismas dimensiones, sin ningún refuerzo.
Vigas sin secar	<ul style="list-style-type: none">• Presentan capacidades de carga ligeramente mayores que iguales secciones reforzadas con bambú seco. Esto no es válido hasta tanto que el bambú no se haya secado dentro del concreto cuando se le aplique la carga.
Refuerzo longitudinal con bambú sin tratar	<ul style="list-style-type: none">• El bambú se hincha a causa de la absorción de la humedad del concreto húmedo y este engrosamiento produce fisuras longitudinales en el concreto, reduciendo así la capacidad de carga de la viga. Esta tendencia se disminuye mediante el empleo de concreto de una alta resistencia inicial.
Tensión máxima	<ul style="list-style-type: none">• No es afectada por cambios en la sección transversal de la viga, mientras las proporciones entre el ancho y las alturas de la viga sean constantes, pero depende de la cantidad de bambú empleada en el refuerzo.

Continuación de la tabla XII.

Porcentaje de refuerzo de bambú (3 – 4%)	<ul style="list-style-type: none"> • Son capaces de soportar tensiones de carga en el bambú de 8 000 a 10 000 libras por pulgada cuadrada (575 a 720 kilos por centímetro cuadrado).
Tensión de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • 5 000 a 6 000 libras por pulgada cuadrada (360 a 430 kilos por centímetro cuadrado).
Refuerzo de bambú tratado a brocha con emulsión asfáltica	<ul style="list-style-type: none"> • Permiten mayores capacidades de carga comparada con medidas de secciones iguales y el mismo refuerzo pero sin tratado asfáltico. Hay que tener cuidado en el empleo de la emulsión asfáltica, como agente impermeabilizante sobre el bambú seco, pues un exceso de emulsión en el perímetro exterior de las cañas puede actuar como lubricante disminuyendo la adherencia entre el concreto y el bambú.
En losas de concreto y elementos secundarios.	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden usarse con éxito cañas completas y verdes, cuando los diámetros de las cañas no excedan 1/4 de pulgada.
Aumentando la resistencia del concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Se aumenta la capacidad de carga de los elementos de concreto reforzada con bambú.
En elementos a flexión	<ul style="list-style-type: none"> • También es utilizado el bambú, el cual debe ser cortado y tratado de tres semanas a un mes antes de su empleo.

Fuente: CASTRO ORDÓÑEZ, Roberto José. Guía para la construcción de casas económicas con bambú. p.19.

Es importante conocer el comportamiento de los diferentes materiales tradicionales para la construcción de viviendas populares, para poder comparar de manera real los comportamientos y características de estas viviendas con la vivienda propuesta. En tabal XIII se hace la comparación de viviendas elaboradas con diferentes tipos de madera y vivienda elaborada con bambú.

Tabla XIII. **Características generales de vivienda elaborada con bambú comparadas con viviendas elaboradas con diferentes tipos de madera**

Características de Viviendas			
Material	Bambú - propuesta	Prefabricada de madera	Madera del sitio a construir
Propiedades especiales	Ligeros, flexibles; gran variedad de construcciones.	Estructura plegable, montaje rápido, fácil transporte.	Adecuado para proyectos de autoayuda.
Aspectos económicos	Bajo costo	Costos medianos a altos (depende de madera usada)	Costos medianos
Estabilidad	Buena	Buena	Buena
Capacitación requerida	Mano de obra tradicional para construcciones de bambú	Mano de obra de carpintería	Mano de obra de carpintería
Equipamiento requerido	Herramienta para cortar y partir bambú	Herramientas de carpintería	Herramientas de carpintería
Resistencia sísmica	Buena	Muy buena	Buena
Resistencia a huracanes	Mediana	Buena	Baja a mediana
Resistencia a la lluvia	Buena	Depende de revestimiento	Baja a mediana
Resistencia a los insectos	Mediana	Baja	Baja
Idoneidad climática	Climas cálidos y húmedos	Todos los climas	Climas húmedos y cálidos
Grado de experiencia	Baja	Diseño comprobado, numerosas aplicaciones	Construcción normal

Fuente: <http://www.ecohabitar.org/el-bambu-como-material-de-construccion>. Consulta: mayo 5 de 2013.

4.4. Relación

La relación del bambú con otros materiales para la construcción es de suma importancia para hacer viviendas de bambú más eficientes, ofrecer mayor cantidad de años en su vida útil y brindar una mejor seguridad estructural a las familias que habitan estas viviendas.

4.4.1. Concreto armado y bambú

El concreto armado; combinación de pedrín, arena, cemento y hierro, es sumamente necesaria esta relación cuando las columnas elaboradas con bambú se encuentran en contacto con el suelo, las cuales no pueden estar apoyadas sobre este, debido a que esto produciría humedad, por lo que existen soluciones como por ejemplo: elaborar el cimiento corrido de concreto armado y sobre este mismo colocar todas las columnas de bambú. Otra solución que existe cuando no se hace cimiento corrido y se trabaja en forma de pilotes, es hacer una excavación circular con un diámetro de 2 pulgadas mayor al poste del bambú a utilizarse; que servirá de columna, con el propósito de dejar ese recubrimiento alrededor que se debe de rellenar con concreto y así poderlo aislar del suelo; de la misma manera se hace con la parte de apoyo donde se deja 3 pulgadas de recubrimiento con el mismo fin.

También se introducirá concreto en los interiores de estas columnas de bambú desde el suelo de donde empieza la cimentación hasta una altura requerida; según el diseño lo requiera desde el nivel del suelo. Cabe decir que en este caso, previamente deben colocarse en el concreto una o más varillas de acero según lo requiera el caso, la cual será introducida en la parte basal de la columna para darle mayor rigidez a esta misma.

4.4.2. Mortero cemento - arena y bambú

El cemento es usado (como mortero arena-cemento), inyectándolo en el interior de los nudos de un bambú para que logre soportar los esfuerzos de compresión causados por otros bambúes que queden apoyados en este mismo, con el fin de evitar aplastamientos. También se usa el cemento en los nudos o uniones donde es necesario colocar hierro al interior del bambú para

inmovilizarlos en el sitio adecuado, permitiendo así que trabajen donde haya demanda de esfuerzos de tracción y el mortero contribuya a resistir los esfuerzos de compresión.

Otra relación de materiales de construcción bastante efectiva para la preservación de la vivienda, es el mortero de cemento con arena y la esterilla del bambú. Este mortero se aplica en los muros exteriores de bambú para cubrirlo en forma de repello con el propósito de darle un mayor tiempo de vida al material debido a que lo protege de todos los agentes climáticos que puedan dañarlo y a su vez le proporciona una vista bastante agradable a la vivienda.

Figura 16. **Detalles de vivienda económica**



Fuente: finca de bambú en Escuintla perteneciente a la Embajada de Taiwán en Guatemala.

4.5. Ventajas

Las ventajas que brindan los materiales tradicionales al relacionarse en la construcción al bambú son bastante importantes y considerables para una mejor

utilización de este mismo. A continuación se presenta varias ventajas que se obtienen al hacer diferentes relaciones del bambú con otro material.

Tabla XIV. **Ventajas de las relaciones de materiales con el bambú**

Bambú - mortero cemento y arena		Bambú - madera	
<ul style="list-style-type: none"> • Protege las propiedades del bambú al aplicarse como repello en sus paredes exteriores. 		<ul style="list-style-type: none"> • Es muy útil para la utilización de los marcos de puertas y ventanas por su facilidad al corte que ayuda en la precisión de medidas, permitiendo tenga mayor adherencia por sus fibras al sujetar las puertas con tornillos a la madera y también al bambú. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Le proporciona una vista más agradable y una mayor estética al aplicarse este mortero en los muros. 		<ul style="list-style-type: none"> • Sirve para sujetar la lámina a la estructura de bambú del techo quedando estas reglas de madera en medio de estos dos, con el propósito que los tornillos para lamina no se desprendan del bambú por los rayos solares, estas hacen que no suceda esto por sus favorables propiedades físicas y mecánicas. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Sirve para aislarlo de insectos que puedan introducirse en la vivienda cuando no se le aplica este mortero. 			
Bambú - concreto	Bambú - block	Bambú - hierro galvanizado	
<ul style="list-style-type: none"> • Útil para inyectar concreto en el interior del bambú según diseño para hacer una estructura o vivienda de bambú más rígida y más resistente a cualquier desastre natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le brinda a las viviendas de bambú mayor resistencia a las salpicaduras de agua, por ejemplo; en las duchas, donde esos muros perimetrales del baño están es constante humedad, por lo cual es útil este material para levantar en esas áreas muros de block que son resistentes en estos casos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le ayuda a tener mayor rigidez en las áreas donde es necesario. En las columnas se utiliza mayormente para darle mayor seguridad al diseño de la vivienda. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Útil para aislar al bambú de la humedad que se produce en el suelo en las partes por ejemplo de la cimentación. 		<ul style="list-style-type: none"> • En viviendas con techos que tienen luces considerables, se utilizan como tensores para darle mayor rigidez a la estructura del techo. 	

Fuente: elaboración propia.

4.6. **Preservación**

Una vez cortados los tallos se alteran, se pudren y finalmente se reducen a polvo, si no se tiene un cuidado especial, por eso es importante que todos los

elementos novicios no se desarrollen y propaguen. Esto se logra sometiendo los tallos a un proceso de conservación, desde el momento mismo de ser cortados hasta su utilización, el cual consiste en la aplicación de una serie de cuidados, como lo son: el corte, curado, secado y tratamientos con preservativos contra hongos e insectos.

4.6.1. Corte

La preparación del bambú como material se inicia con el corte apropiado del tallo teniendo en cuenta su edad o grado de sazonomiento, del cual depende tanto su resistencia física como su grado de dureza. Para poder realizar el corte de los tallos de bambú en la macolla, es indispensable conocer las fases de desarrollo de la planta, además tener claro el uso que se le va a dar. Es importante mencionar que la luna tiene influencia en el corte del bambú. Mario Rodolfo Paiz, en 1986, estudia la influencia de la luna en el corte del bambú, bajo las mismas condiciones encuentra, que la cantidad de insectos presentes en los tallos del bambú cortado durante la luna tierna es dos veces mayor que la encontrada en los tallos que se cortaron en luna sazona o cuarto menguante. Los insectos más comunes fueron gorgojos y polillas.

4.6.2. Curado

Inmediatamente después de que los tallos de bambú se cortan, deben someterse a un tratamiento de curado con el fin de hacerlos menos propensos al ataque de agentes xilófagos, que son atraídos por la concentración de almidón o la glucosa que contiene la savia. Se puede reducir el ataque de insectos xilófagos, expulsando la savia o la reducción de almidón y ello puede hacerse mediante un curado apropiado.

4.6.3. Secado

Los tallos de bambú en su macolla contienen una cantidad considerable de humedad. Cuando los tallos de bambú se utilizan como material para diversos productos y en especial para la construcción, los mismos están expuestos a diversos factores físicos y climáticos. Es por ello que se debe eliminar la humedad a través de los distintos tipos de secado como: secado al aire, secado al horno, etc.

4.6.4. Tratamientos químicos contra hongos e insectos

Frecuentemente el curado y secado no son suficientes para asegurar una larga vida al bambú, haciendo inevitable el tratamiento con productos químicos para prevenir el ataque de insectos y la aparición de hongos. Para inmunizar los tallos de bambú se emplean varios métodos. Algunos de ellos hacen penetrar el preservante, ya que las áreas más vulnerables al ataque de insectos son los extremos y los nudos, debido a la dureza e impermeabilidad de la capa externa del entrenudo.

4.6.4.1. Sistemas de aplicación de productos preservativos

El tratamiento preservativo para que obtener buenos resultados debe aplicarse en el bambú como en la madera, una vez que su contenido de humedad se ha reducido al 10 o 15 por ciento por medio de un secado al aire o en estufa. Sin embargo, en casos especiales, cuando no se dispone de tiempo, el bambú una vez cortado puede tratarse sin curar y secar, pero los resultados por lo general son muy transitorios.

Para la aplicación de preservativos existen diversos sistemas que incluyen desde el empleo de modernos equipos de calderas y cámaras especiales de vacío y presión, que no se considera tratar en este trabajo de graduación, hasta los métodos más sencillos que a continuación se describen, que pueden ser tan eficaces como el primero, si se hacen correctamente y aplicando los preservativos que más adelante se indican

- Aprovechando la transpiración de las hojas
- Método Boucherie
- A presión o método Boucherie modificado
- Por inmersión
- Método de vacío-presión
- Por aplicación externa

4.6.4.2. Tratamiento aprovechando la transpiración de las hojas

Este sistema se emplea en tallos recién cortados. Los tallos se cortan a una altura de 30 centímetros sobre el nivel del suelo y se dejan intactos, es decir con la totalidad de ramas y hojas, recostados lo más verticalmente posible sobre otros tallos no cortados, en la misma forma como se hace el curado en la mata.

Una vez que ha dejado de salir savia por el extremo inferior, se coloca la base del tallo dentro de un recipiente que contiene el preservativo, que es chupado hacia arriba por la transpiración de las hojas.

4.6.4.3. Tratamiento por el método Boucherie

Este método ideado por Boucherie en 1873, consiste en hacer penetrar por el extremo del tallo, por presión hidrostática, sulfato de cobre o cualquier otro preservativo que empuja ante sí la savia ocupando su sitio. Este tratamiento se aplica en tallos recién cortados cuya savia está todavía en movimiento.

Para aplicar este método se introduce en el extremo del tallo de bambú, al cual previamente se le han cortado las ramas y hojas, el extremo de un tubo de caucho o en su lugar una sección de un neumático usado de rueda de automóvil o camión. El tubo o neumático se llena con el preservativo después de lo cual se cierra su extremo superior. Una vez hecha esta operación el bambú se coloca verticalmente en tal forma que el preservativo colocado en su parte superior penetre a su interior por presión hidrostática. Es muy importante tener en cuenta que el extremo del bambú donde se va a colocar el tubo debe cortarse al ras del nudo. Por otra parte, para evitar que el preservativo salga por las zonas donde existieron ramas, esas zonas deben cubrirse con asfalto.

Cuando se utilizan grandes cantidades de preservativo, el extremo libre del tubo o neumático puede conectarse a un depósito que se llena con el preservativo, colocado más alto para que el líquido pueda salir por gravedad. En este caso no es necesario colocar el bambú verticalmente, sino inclinado. La aplicación de este proceso puede tomar varios días según las dimensiones del bambú, por lo cual tiene poco o ningún uso a escala comercial.

Son muy pocos los datos que se tienen sobre los resultados obtenidos de la aplicación de este proceso en el bambú. En la India, durante la Segunda Guerra Mundial fueron tratados con el método Boucherie grandes cantidades de bambú verde para la armada que, debido a la urgencia, no fueron secados

previamente. Los resultados indicaron que para lograr una buena protección del bambú contra las termitas, hongos e insectos barrenadores es necesario aplicar este proceso durante 5 o 6 días. Experimentos similares se realizaron en Puerto Rico utilizando sulfato de cobre.

En cuanto a su aplicación en la madera, sí existen datos de los resultados obtenidos. Gauman dice que en Suiza los postes de madera utilizados en las líneas de telégrafo fueron tratados por este método, utilizando sulfato de cobre, con excelentes resultados dando un promedio de vida de 22,5 años.

4.6.4.4. Tratamiento a presión o método Boucherie modificado

Este método consiste en introducir por uno de los extremos del tallo de bambú el preservante, mediante la presión ejercida por una bomba centrífuga, desplazando la savia que contiene el tallo.

El equipo está compuesto de una bomba, que se conecta a un recipiente, el cual almacena el líquido preservante. De ahí el preservante es bombeado a un tanque neumático. Del tanque neumático el líquido preservante es desplazado a presión y luego se distribuye a través de mangueras plásticas flexibles a varias salidas. Cada una de las mangueras cuenta con su llave de bola para abrir o cerrar el paso hacia la correspondiente boca de hule, en la que se conecta uno de los extremos del tallo, sujetándose por medio de una abrazadera, considerándose esta parte del equipo como crítica.

Los líquidos recogidos en la sección de entrada y salida de los tallos se almacenan en otro tanque, para luego ser filtrados y mezclados con solución fresca. De esta forma se logra reciclar el total del producto utilizando como

preservante. Se detecta el desplazamiento total de la savia en los tallos, midiendo la acidez del líquido que brota en el extremo inferior del tallo. El tiempo que se tarda en desplazar el líquido preservante a la savia es variable.

Recomendaciones para el uso de este sistema:

- Antes de aplicarle preservante al tallo, cortarle una sección pequeña en ambos extremos, para tener una superficie limpia.
- Una vez colocado uno de los tallos en posición, se introduce en la boca del hule y se sujeta con abrazaderas.
- Se purga el aire y luego se abre la válvula del líquido preservante.
- Para obtener mejores resultados en cuanto a la penetración y retención del líquido preservante, utilizar tallos recién cortados o mantenerlos frescos bajo agua.
- Secar los tallos al aire después del tratamiento.

4.6.4.5. Método por inmersión

Para obtener buenos resultados al emplear este método es necesario que el bambú a tratar se encuentre seco, debe tener un contenido de humedad por debajo del 20 por ciento. Este método es muy usado para tratar los tableros de esterillas y tablillas de bambú, eso no significa que no pueda usarse en los tallos.

Para tratar tallos o cualquier derivado es indispensable contar con un tanque que tenga la capacidad de acuerdo a la cantidad, longitud y la forma

(pueden ser tallos, esterillas o tablillas) que tenga el material. Cuando el uso es masivo e industrializado normalmente el tanque se funde con hormigón armado y se impermeabilizan las paredes internas. En cambio, cuando se desea tratar en obra el bambú, generalmente se excava una fosa en la tierra y se cubre con plástico o se aplica sabieta a las paredes, en otros casos se corta un tonel transversalmente al centro y se unen las dos partes obtenidas del corte dando como resultado un canal.

Para el tratamiento del bambú rollizo, previo a ser sumergidos en el tanque que contiene el preservante, se deben efectuar dos orificios enfrentados en cada entrenudo con una broca de 1/16 de pulgada, con el fin que penetre el preservante en el interior del tallo, debido a la dureza e impermeabilidad de la capa externa. Otro método es perforar levemente los tabiques internos con una varilla de ½ pulgada, la cual se acondiciona en uno de sus extremo, para que tome forma puntiaguda y permita romper fácilmente dichos tabiques, buscando que el orificio sea lo más pequeño posible y que cause el menor daño posible.

Después de haber llenado el tanque con agua y el líquido preservante, se sumergen las tablillas, esterillas o tallos, en el caso de estos últimos tienen que tener abiertos los orificios en los entrenudos o en los tabiques. Al finalizar el tiempo de inmersión se deja en escurrimiento de 1 a 2 horas. La solución aplicada pueda estar a temperatura ambiente (baño frío), o temperatura más alta (baño caliente). El tiempo de inmersión y temperatura están en relación con la solución aplicada.

4.6.4.6. Método de vacío-presión

De común utilización para las maderas, el sistema está compuesto por un cilindro con puntos de alimentación y salida de solución. Para la aplicación de

ésta se requiere, de una parte, que exista vacío en el interior del autoclave y de otra, un manómetro para poder ejercer el control mecánico en la aplicación del preservante. La aplicación de este método consiste en, una vez seco el tallo se introduce en el autoclave, en donde se realiza un vacío inicial de aproximadamente 600 milímetros de mercurio y luego se van introduciendo las sales a presión de 8 a 14 kilogramos por centímetro cuadrado hasta que material no absorba más preservante. Al aplicar este método, se requiere que el bambú se encuentre en óptimas condiciones, porque generalmente el bambú que tiene grietas colapsa sobre la dirección de las mismas, además es el método más costoso por metro cúbico de material preservado.

4.6.4.7. Método de aplicación externa

Este tipo de tratamiento consiste en aplicar el preservativo sobre la superficie del tallo con una brocha o un atomizador. Este método resulta ser el menos efectivo de todos, ya que la capa externa del tallo es impermeable, lo que impide que el preservativo penetre al interior del tallo, que es la parte más vulnerable al ataque de insectos. También puede lavarse fácilmente con la lluvia, si queda expuesto a la intemperie.

5. PLANOS DE VIVIENDA PROPUESTA

Una de las ventajas del bambú es que permite aprovecharse en su totalidad y en diferentes formas, es por ello que se puede aplicar en: cimientos, estructura, muros o cerramiento, cubiertas, pisos, puertas, ventanas y otras aplicaciones en la construcción de viviendas de interés social.

5.1. Partes de vivienda unifamiliar de bambú

En este capítulo se describen las partes de una vivienda básica para ser construida con bambú y al finalizar se presenta el juego de planos de la vivienda económica propuesta.

5.1.1. Cimientos

El empleo de postes de bambú en forma rolliza, en lugar de cimiento convencional para viviendas económicas es frecuente. Existen regiones donde la topografía es bastante accidentada y se presenta la necesidad de apoyar los pisos sobre postes de bambú, logrando de esta manera un plano horizontal. En algunos casos se han construido viviendas que tiene uno o dos pisos al frente de la calle, o la parte posterior, y según la pendiente del terreno es posible que lleguen a tener hasta siete pisos. Es decir, las viviendas de bambú se adaptan a la topografía, siguiendo el contorno de ésta. Es importante mencionar que también se utilizan postes de bambú, para elevar el piso de las viviendas respecto del nivel del suelo, en regiones donde el clima es muy cálido y existe también peligro de inundaciones.

Normalmente los postes de bambú se entierran en el suelo de diferentes maneras; preservados con pentaclorofenol o también los apoyan sobre bases de piedra o se hace un recubrimiento de concreto a modo de alejarlos de toda humedad, como en el diseño propuesto. Si se desean emplear postes de bambú es indispensable preservarlos y apoyarlos sobre piedras o concreto, con el fin de prolongar su vida útil. Es indispensable usar tallos de mayor diámetro, paredes gruesas y nudos más próximos para obtener máxima resistencia.

5.1.2. Estructura

Para construir estructuras de vivienda, el tallo debe de utilizarse en forma rolliza de la siguiente manera; la parte basal en columnas y vigas maestras, la parte intermedia en armaduras o tijeras, parales y soleras, y la parte apical en tendales de techos como soporte de tejas de barro, láminas metálicas y cubiertas de vegetal como: palma, manaque, paja, entre otras.

5.1.3. Muros o cerramiento

Existen diversas variantes en la construcción de muros, dependiendo del diseño y de la resistencia requerida para soportar el peso de la cubierta y las fuerzas naturales como sismo o huracanes. Además de brindarle protección contra la lluvia, el viento y lograr condiciones satisfactorias e higiénicas a través de la iluminación y ventilación natural. El bambú puede empelarse en muros tanto en forma rolliza, como en canales horizontales o verticales, dependiendo de la técnica constructiva a utilizar, también se utilizan tableros de esterilla y tablillas, como esté propuesto en la vivienda diseñada. Existen varias técnicas constructivas para muros de bambú, entre ellas se tienen tipo bajareque; quincha; tableros de esterilla a base de paneles prefabricados y esterilla tejida.

5.1.3.1. Muros de tableros de esterilla

La estructura de la pared está formada por parales de bambú de 10 centímetros de diámetro promedio y separado a una distancia máxima de 100 centímetros. Una vez fijados los parales se cubren en algunos casos en ambos lados de los parales, en otros sólo en el lado exterior con tableros de esterilla de bambú. En este último caso se recomienda recubrimiento de cemento-cal-arena; como está diseñada la vivienda propuesta. La fijación de los tableros a los parales se puede hacer, ya sea utilizando una tablilla de bambú de 2 centímetros de ancho cortada de la pared exterior del tallo, y clavada sobre la esterilla, al centro de cada paral, con clavos a una distancia máxima de 8 cm, o también empleando alambre galvanizado con el cual se unen las cabezas de los clavos, dándole una vuelta a cada clavo antes de clavarles totalmente.

Figura 17. **Muro con esterilla expuesta y esterilla con repello**



Fuente: www.icasasecológicas.com. Consulta: junio de 2013.

5.1.4. Cubierta

En viviendas económicas el bambú se utiliza para cubierta en tres formas; la primera base de tejas (canales), la segunda a base de tejamaniles de bambú y la tercera base de láminas galvanizadas.

5.1.4.1. Tejas de bambú

Consiste en colocar sobre los tendales de la estructura para el techo, la primera capa de canales cóncavos hacia arriba, separados a una distancia apropiada, de tal manera que al segunda capa de canales cóncavos hacia abajo puedan cubrir muy bien el espacio dejado, es decir, que se sigue el mismo procedimiento de la colocación de tejas de barro. La longitud del canal es de acuerdo al largo de la cubierta que se desea cubrir.

Para fijar los canales a la estructura del techo, se les hace un hueco de igual ancho y profundidad inmediatamente después de uno de los extremos del canal. Al colocar la primera capa se introduce en los huecos de los canales una tablilla y se amarran los canales con alambre galvanizado a la tablilla y esta al tendal que se localiza en la parte superior de la pendiente de la cubierta. Luego se coloca la segunda capa, tratando de que coincidan los huecos a la tablilla anteriormente colocada, para amarrar los canales a la tablilla. Para evitar que el viento levante las tejas se coloca una tablilla perpendicularmente a los canales y se amarra al tendal que se localiza en la parte inferior de la pendiente de la cubierta.

Figura 18. **Estructura del techo para una vivienda de bambú**



Fuente: www.arquitectura.com. Consulta: junio de 2013.

5.1.5. Piso

Muchas de las viviendas rurales no tienen otro piso que la superficie de la tierra sobre la cual han sido construidas. En algunos casos suelen levantar una capa de la superficie de la tierra para sustituirla por un relleno que normalmente es estabilizado con cal o cemento y posteriormente compactado. Si el relleno es de arcilla, que es lo mejor, proporciona una superficie relativamente estable. El bambú se puede usar como material estabilizador o como piso sobre-levantado.

5.1.6. Acabados generales

La aplicación del bambú en la fabricación de puertas y ventanas genera una infinidad de diseños. Las puertas se construyen con una estructura de madera o bambú o tableros de esterilla en la cara exterior o en ambas caras de la estructura. También se puede lograr una especie de robusto portón,

construido con tallos enteros de bambú. Las puertas van colgadas por un costado y los cierres varían desde un tradicional cerrojo de cordel hasta la cerradura de cadena.

5.1.6.1. Ventanas

También pueden fabricarse con una estructura de madera o bambú. En muchas ventanas no se emplea vidrio ni malla contra mosquitos. El cierre de estas se realiza a través de tablillas de bambú. Las ventanas se cuelgan de un costado o de la parte superior.

Figura 19. **Marcos de ventanas y puertas con bambú**

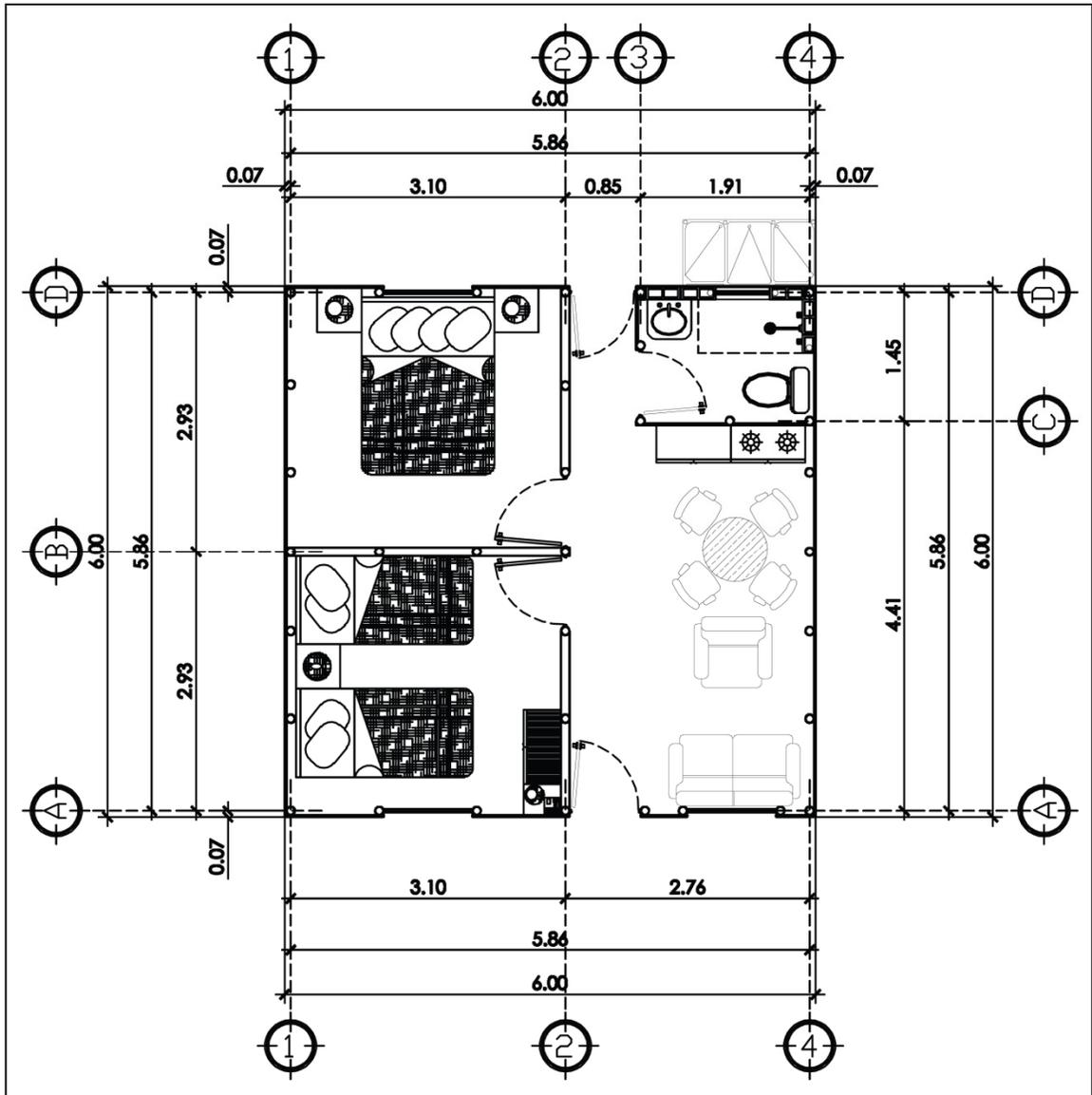


Fuente: www.obrasweb.mx. Consulta: junio de 2013.

5.2. Planos de vivienda unifamiliar de bambú propuesta

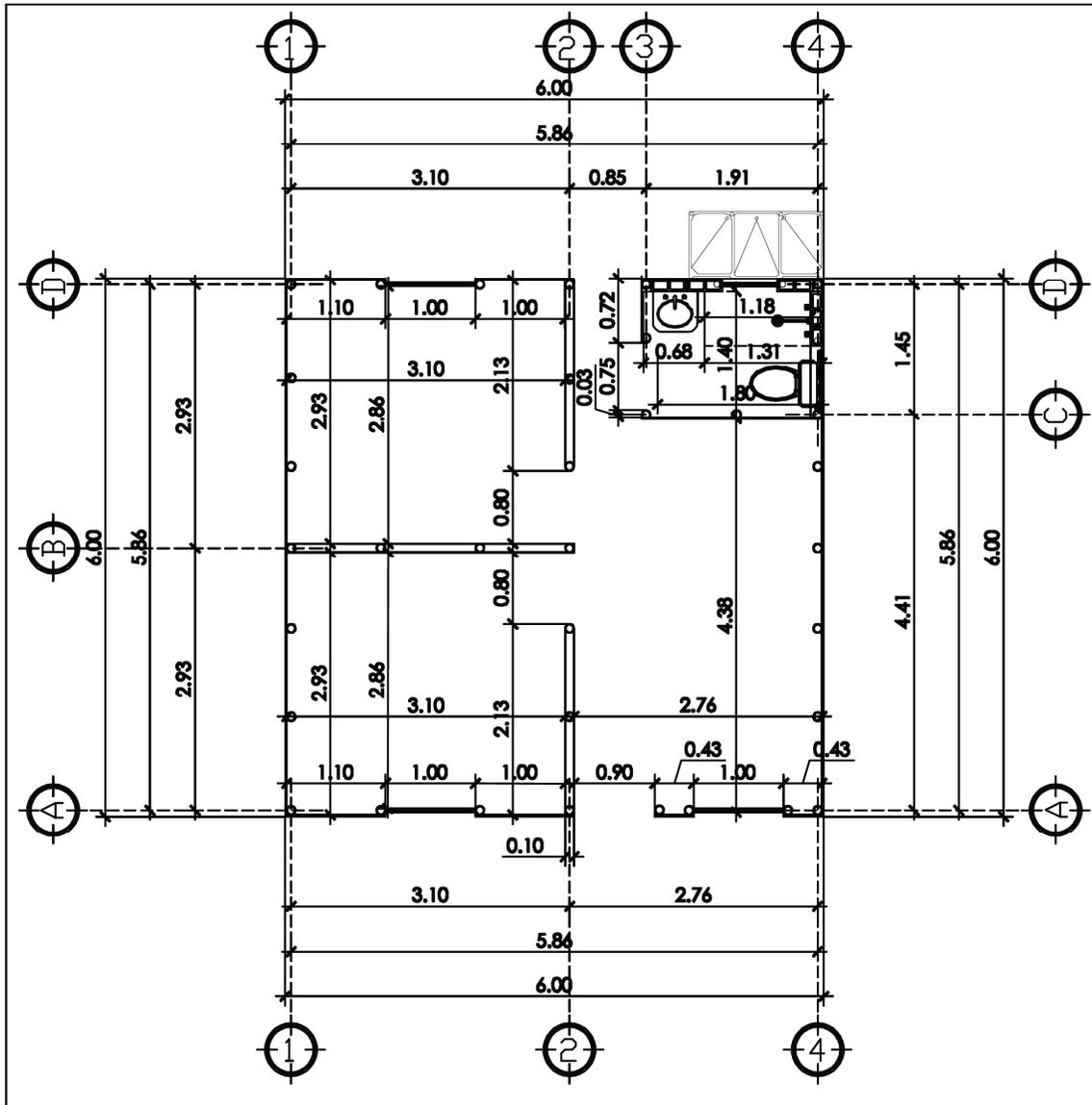
A continuación se presenta el conjunto de planos de la vivienda diseñada con bambú para el área de clima cálido-húmedo.

Figura 20. Plano amueblado



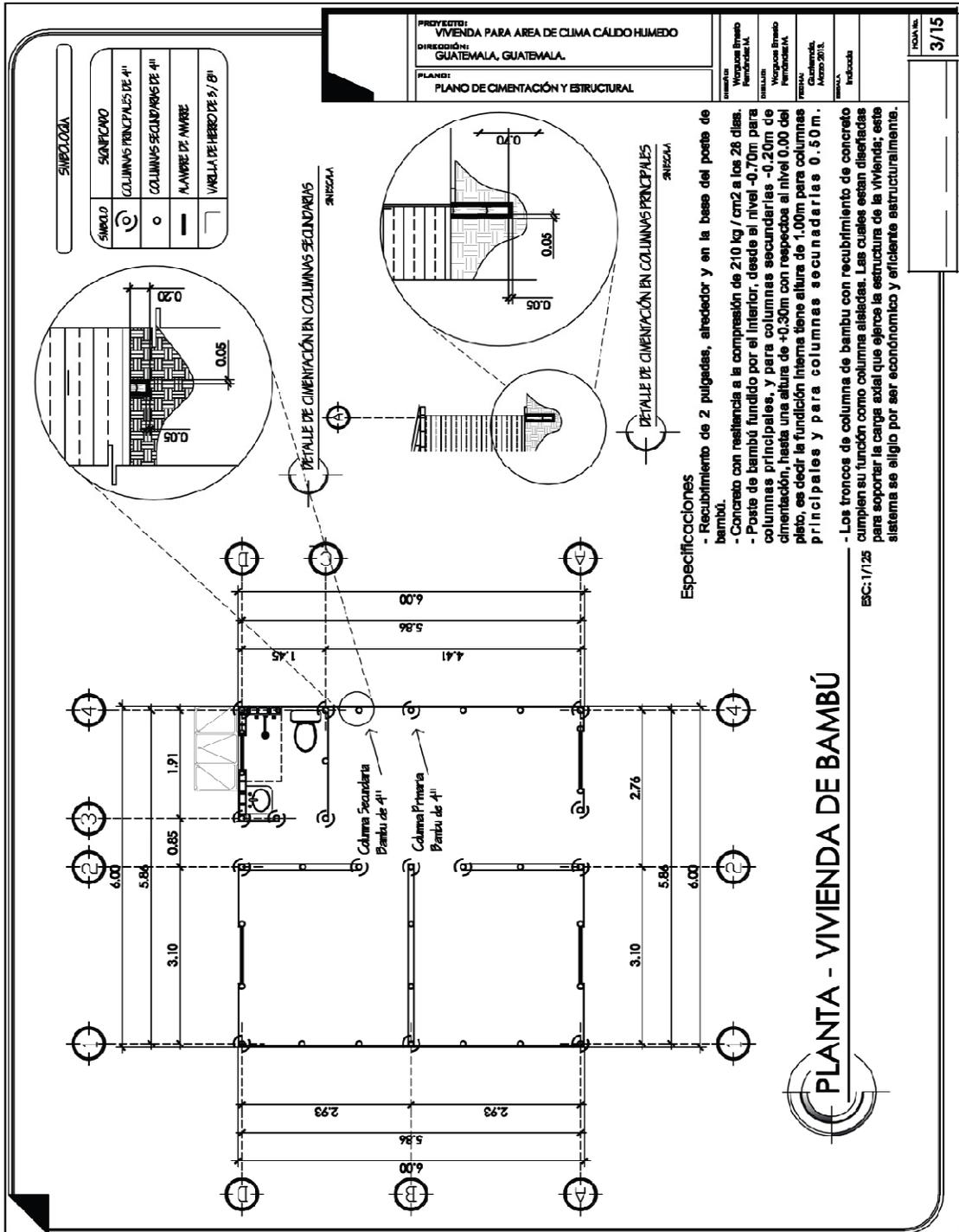
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2009.

Figura 21. Plano acotado



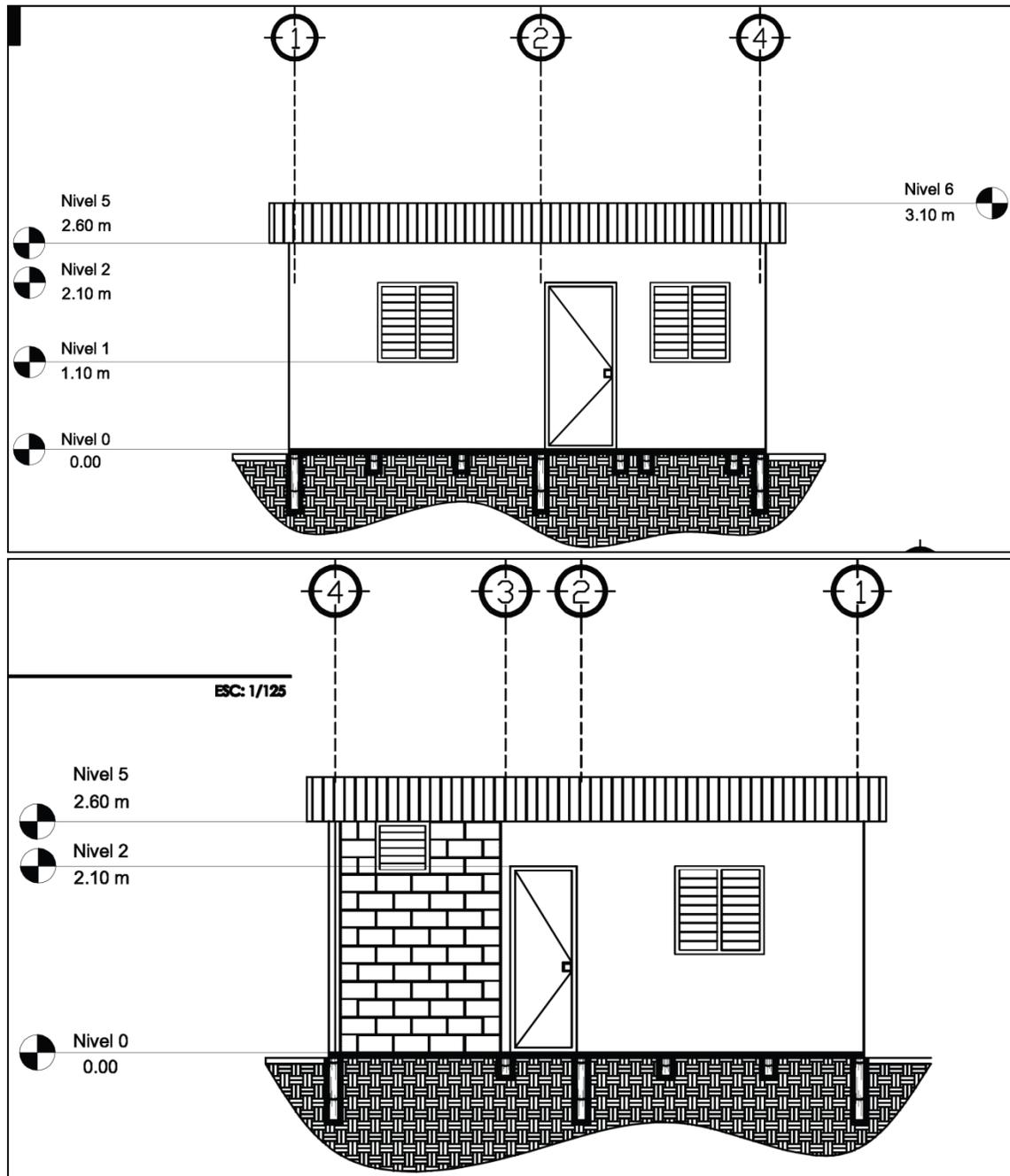
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2009.

Figura 22. Plano de cimentación y estructural



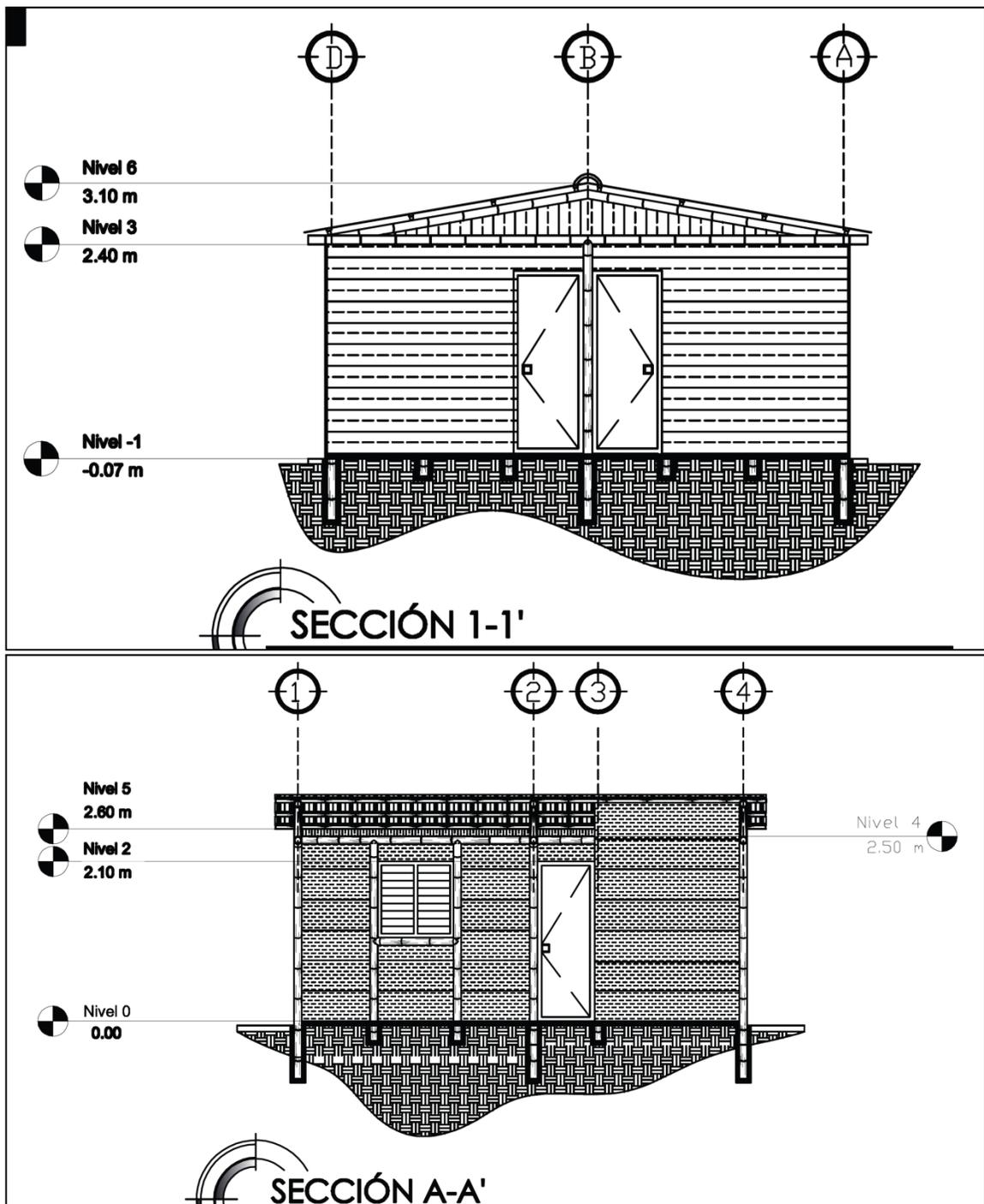
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2009.

Figura 23. Elevación posterior y frontal



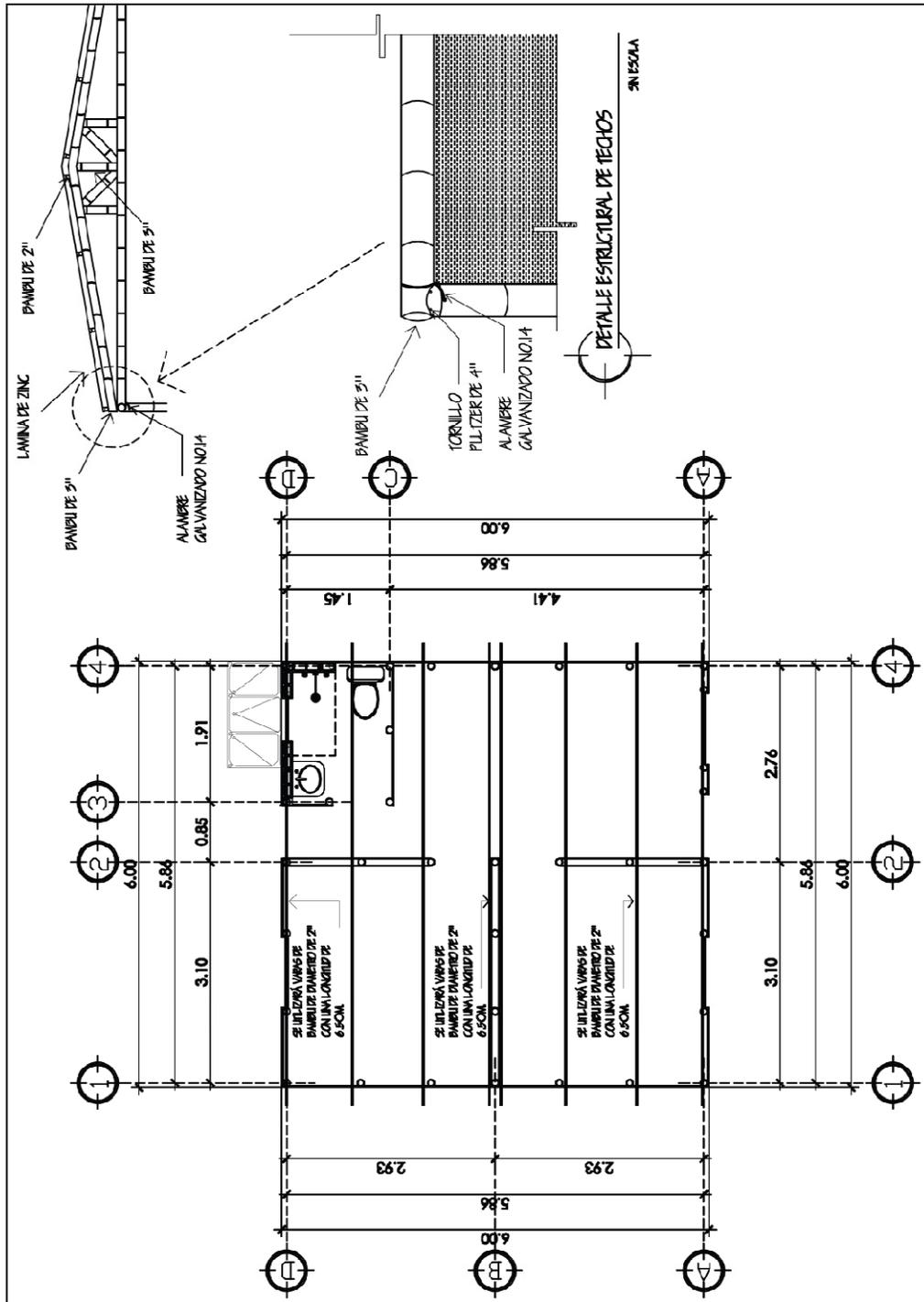
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2009.

Figura 24. Plano de secciones



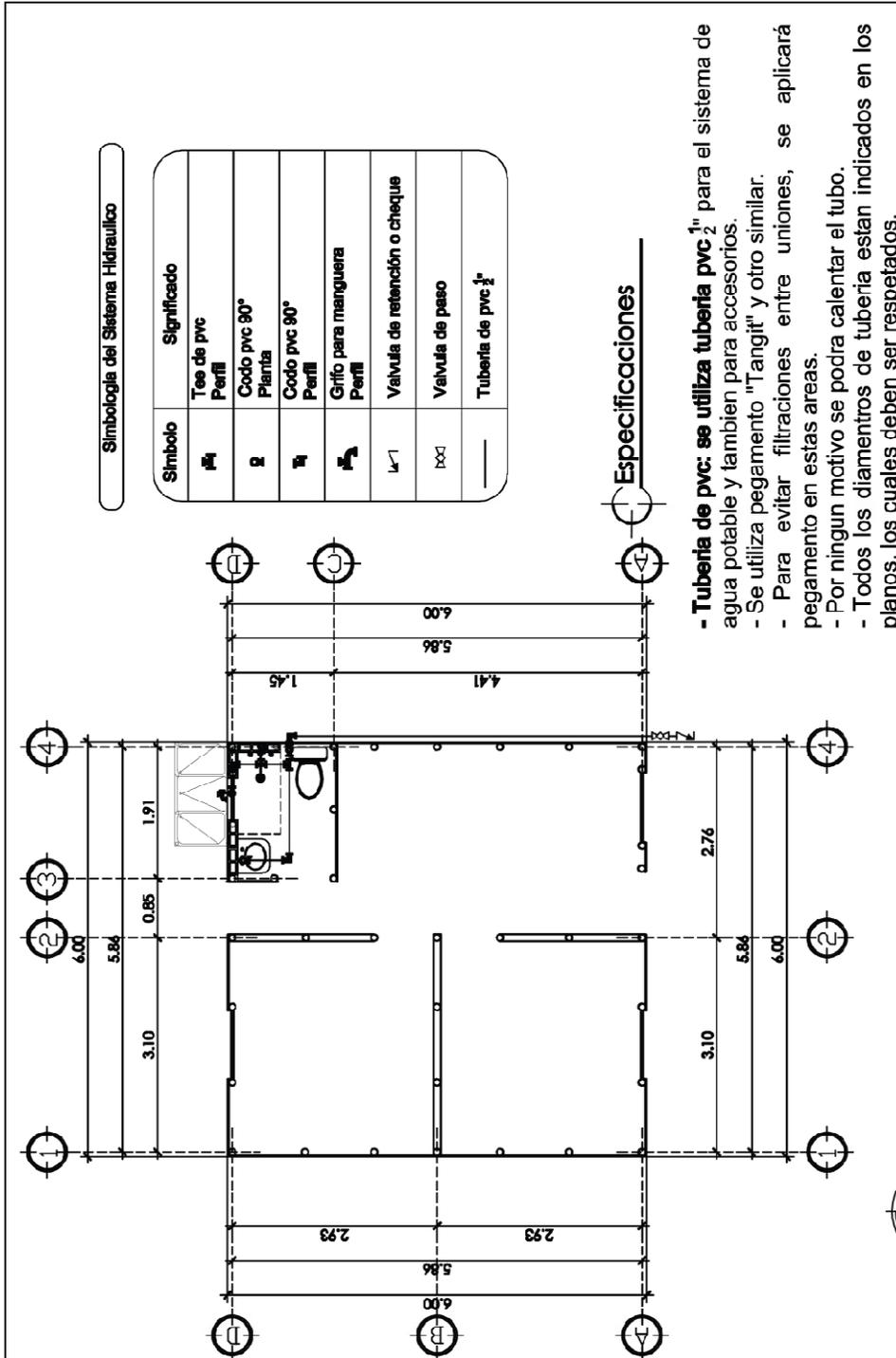
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2009.

Figura 25. Plano de techo y detalles 1



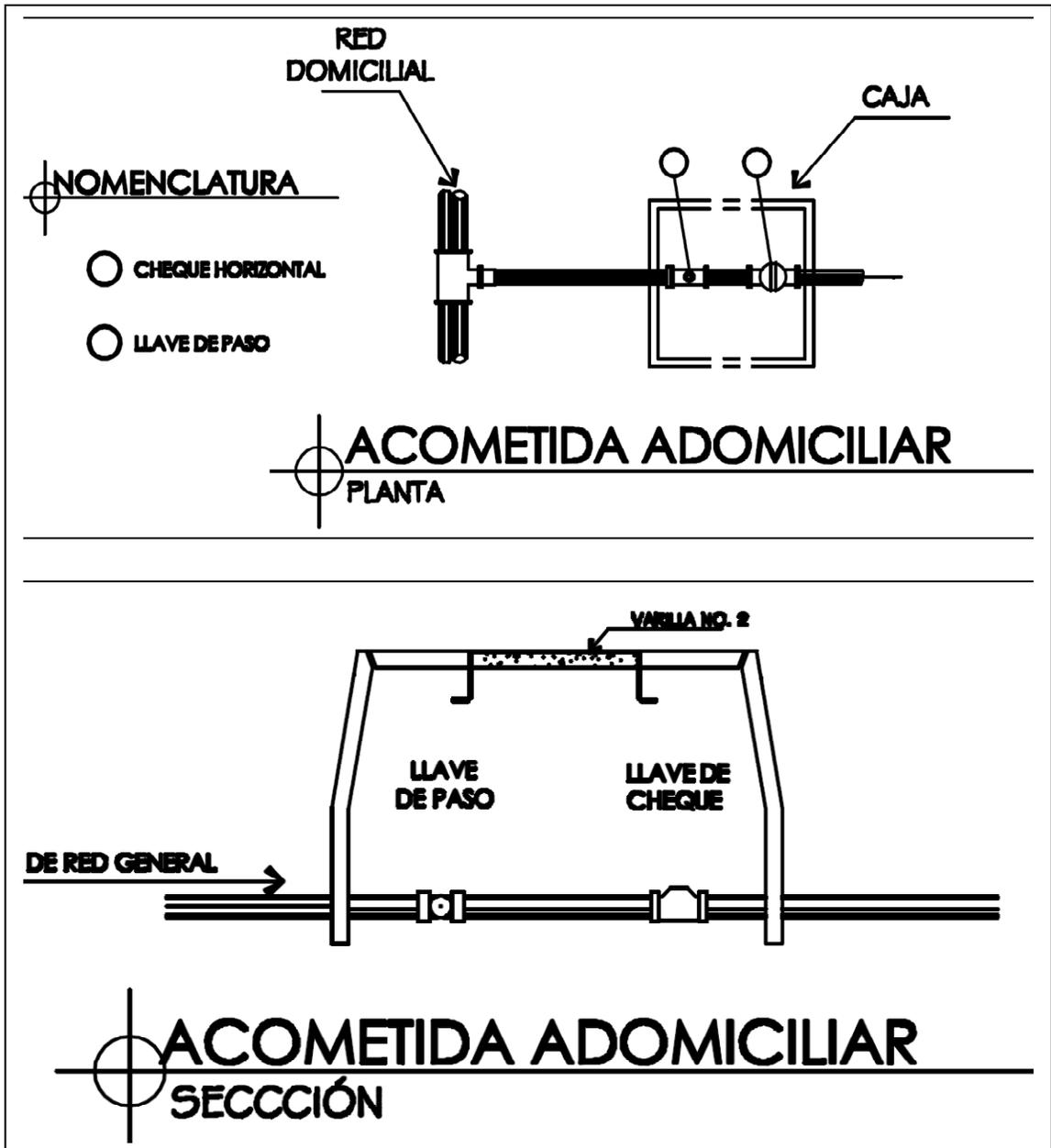
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2009.

Figura 27. Plano del sistema de agua potable

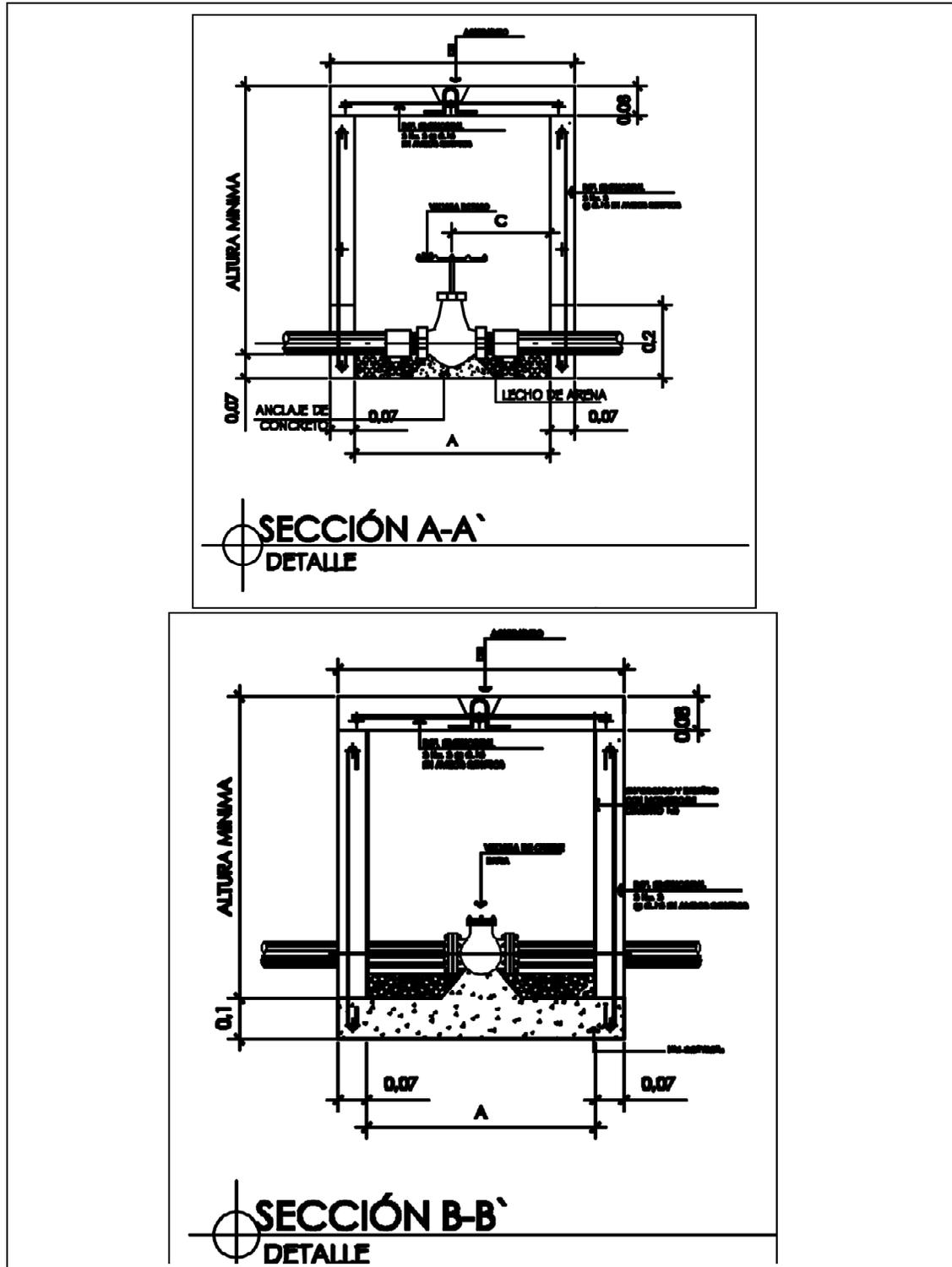


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2009.

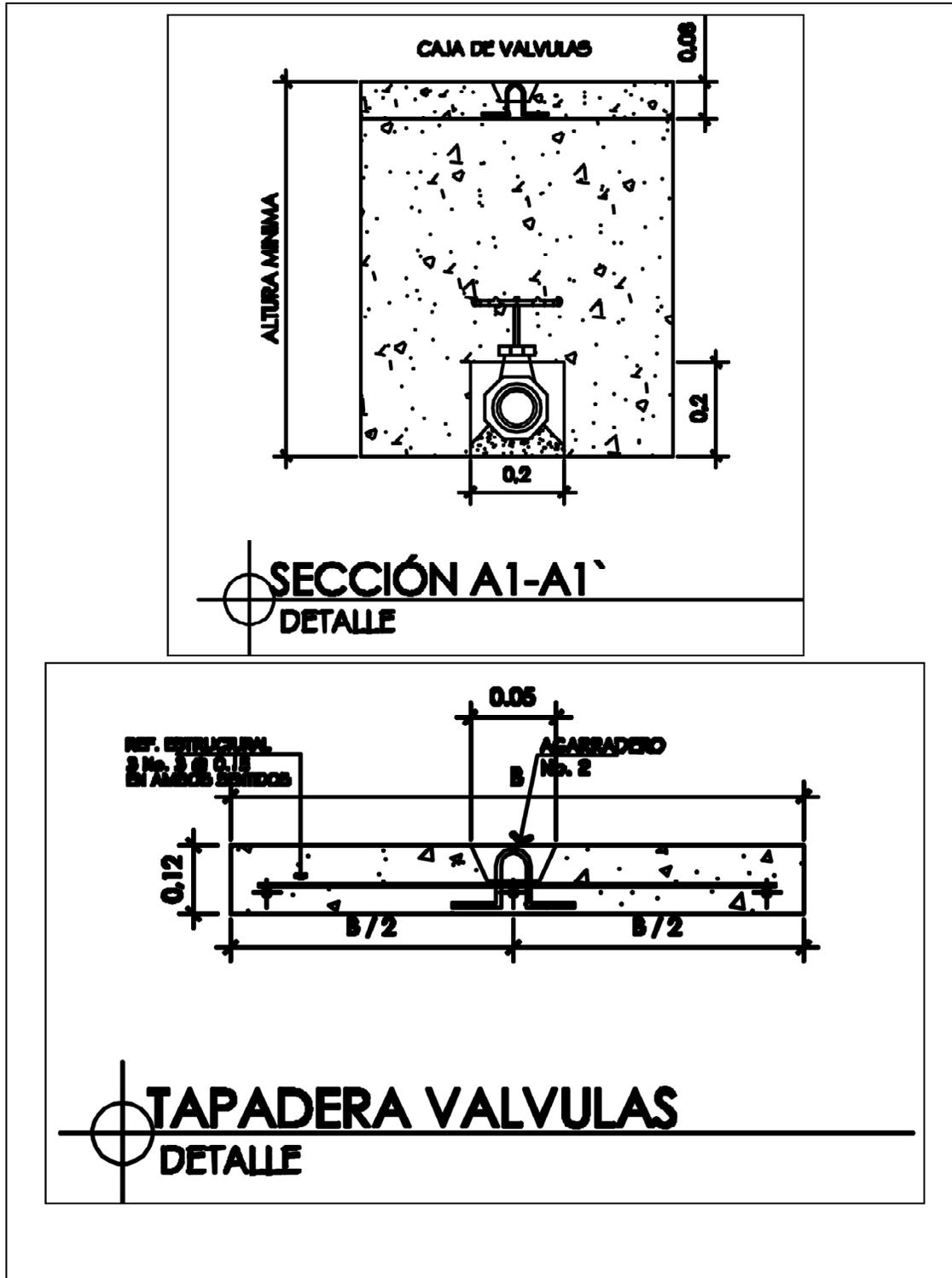
Figura 28. Detalles del sistema de agua potable



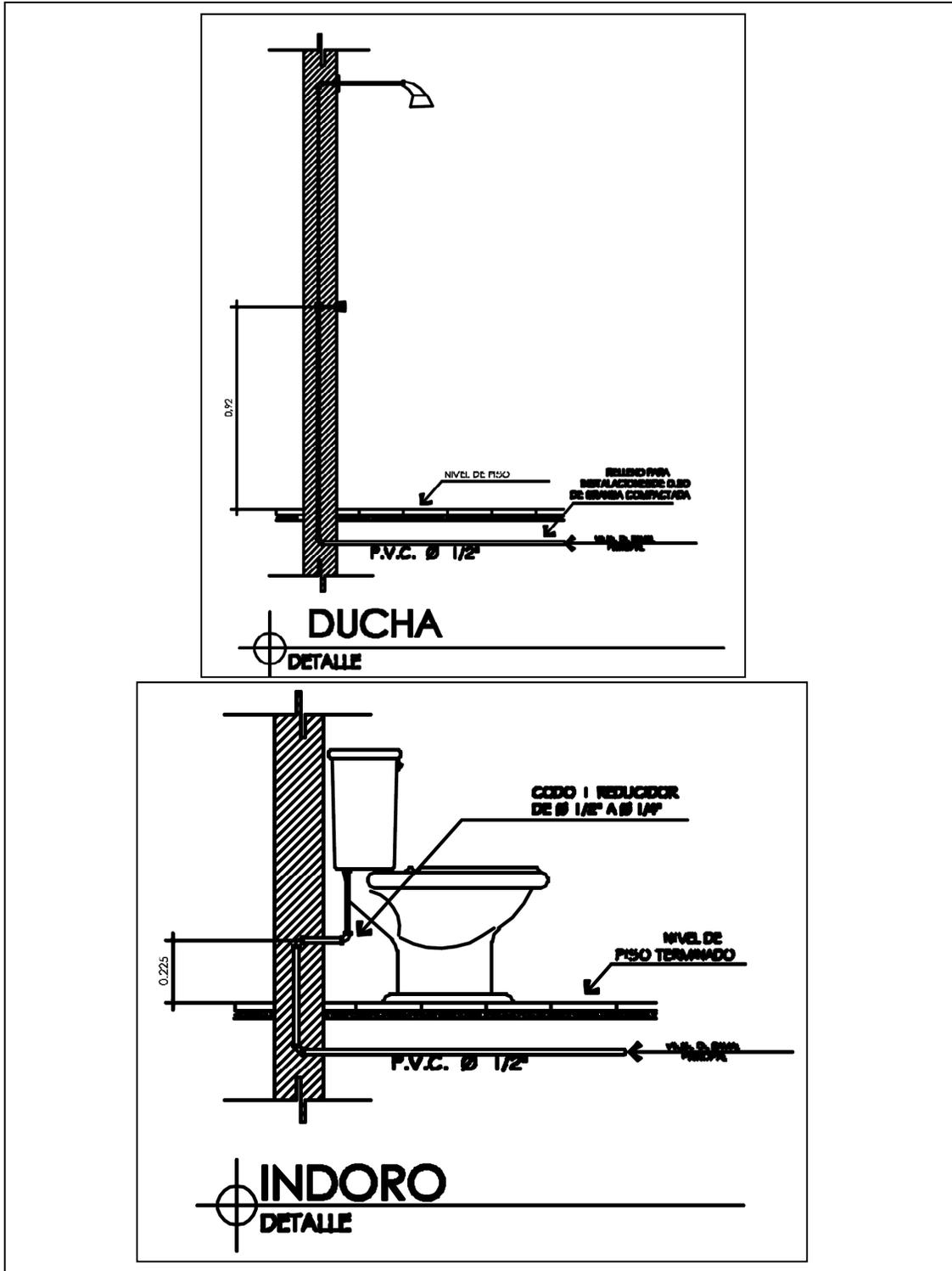
Continuación de la figura 28.



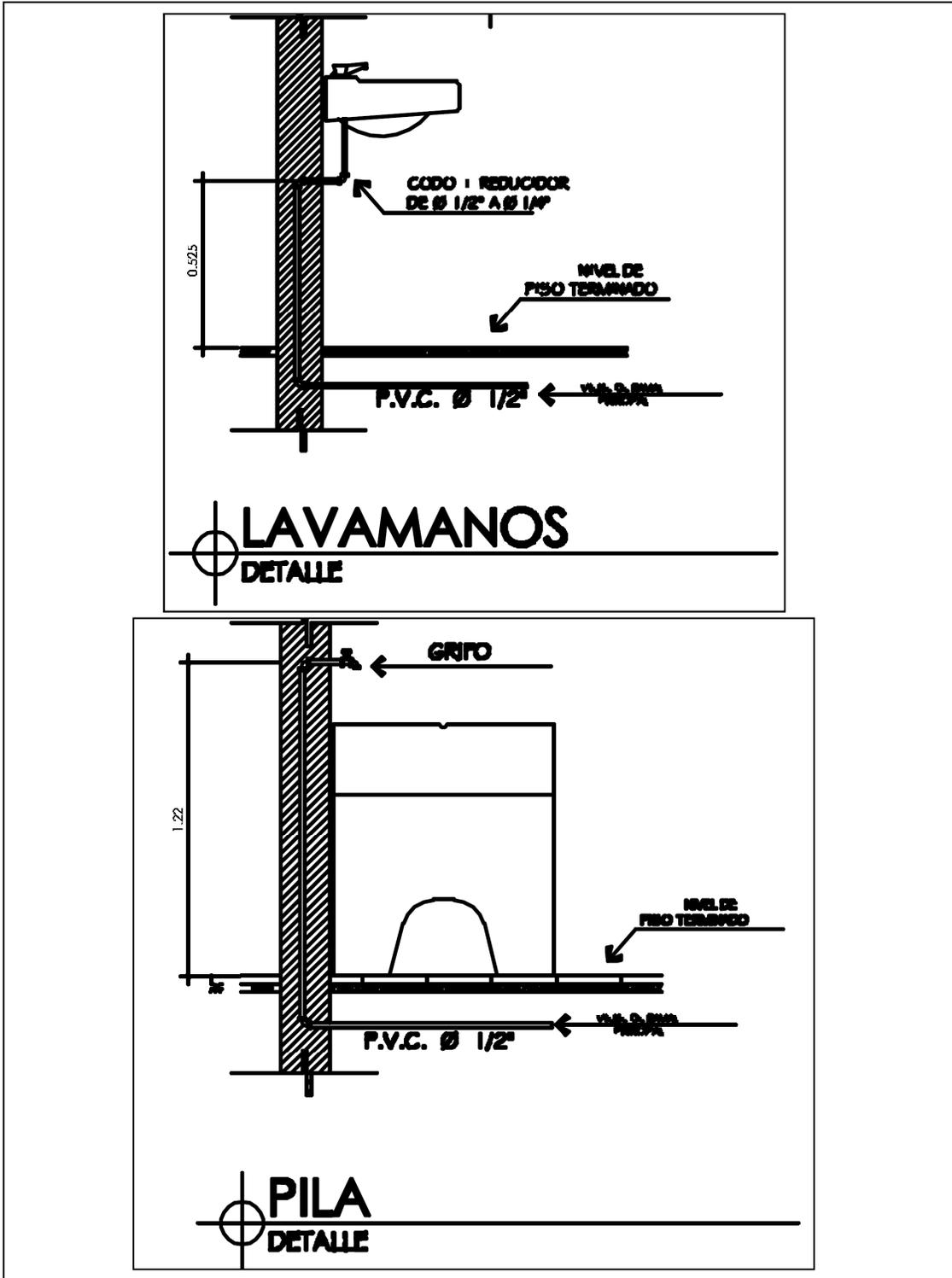
Continuación de la figura 28.



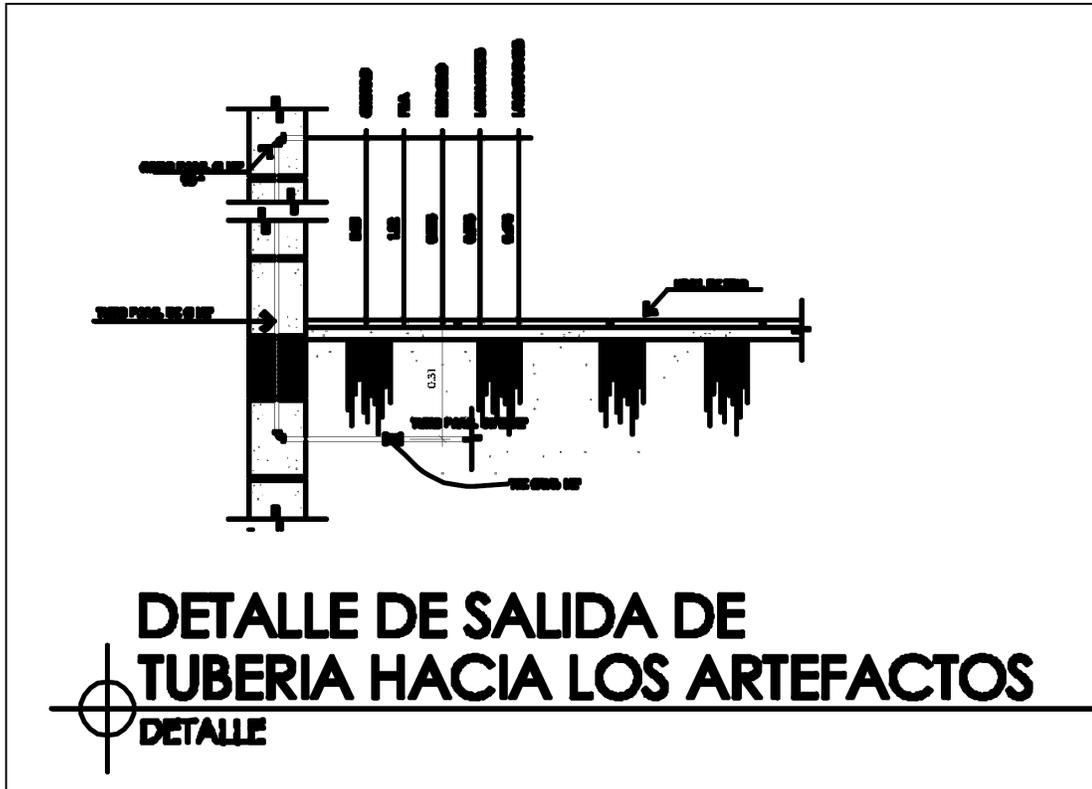
Continuación de la figura 28.



Continuación de la figura 28.

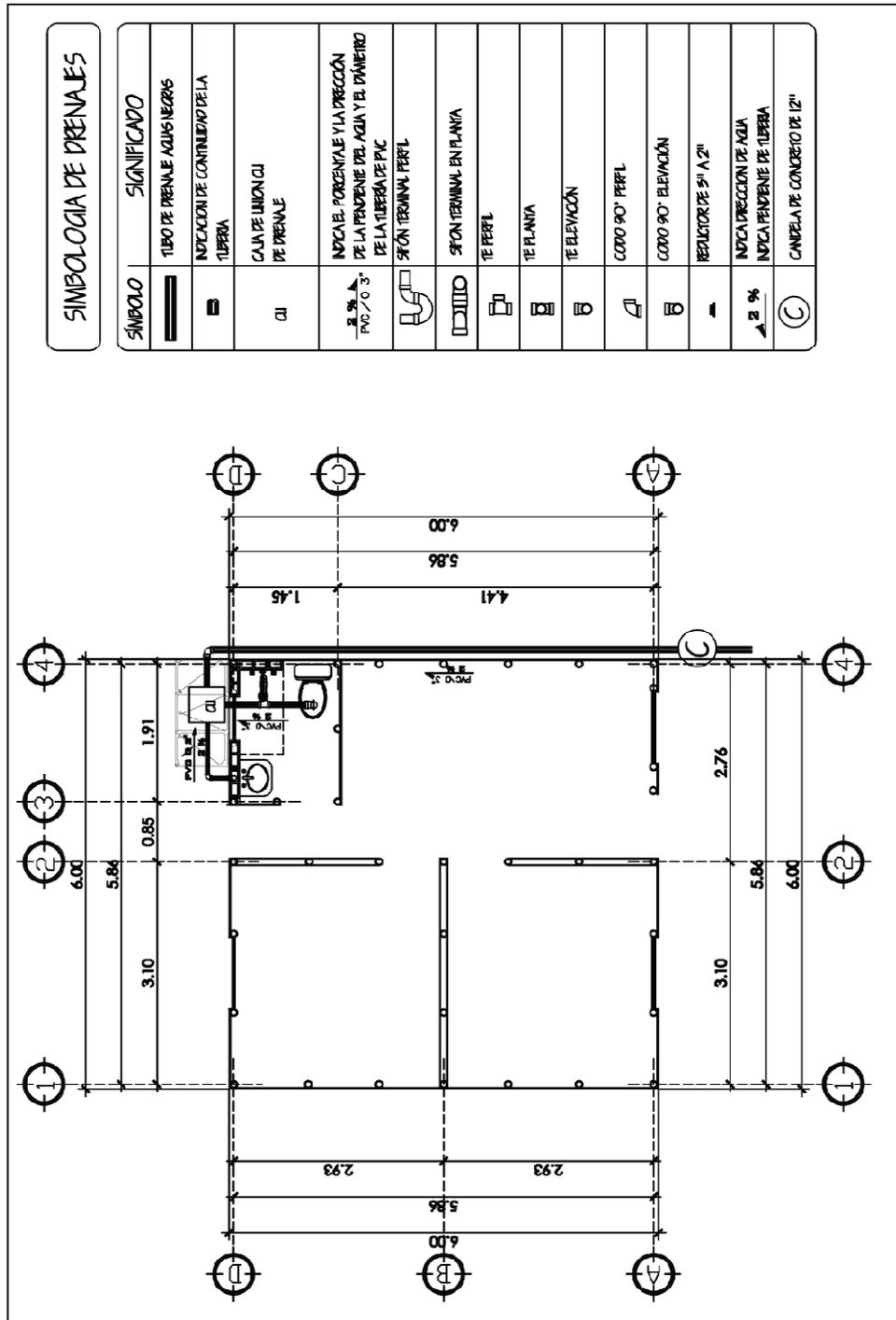


Continuación de la figura 28.



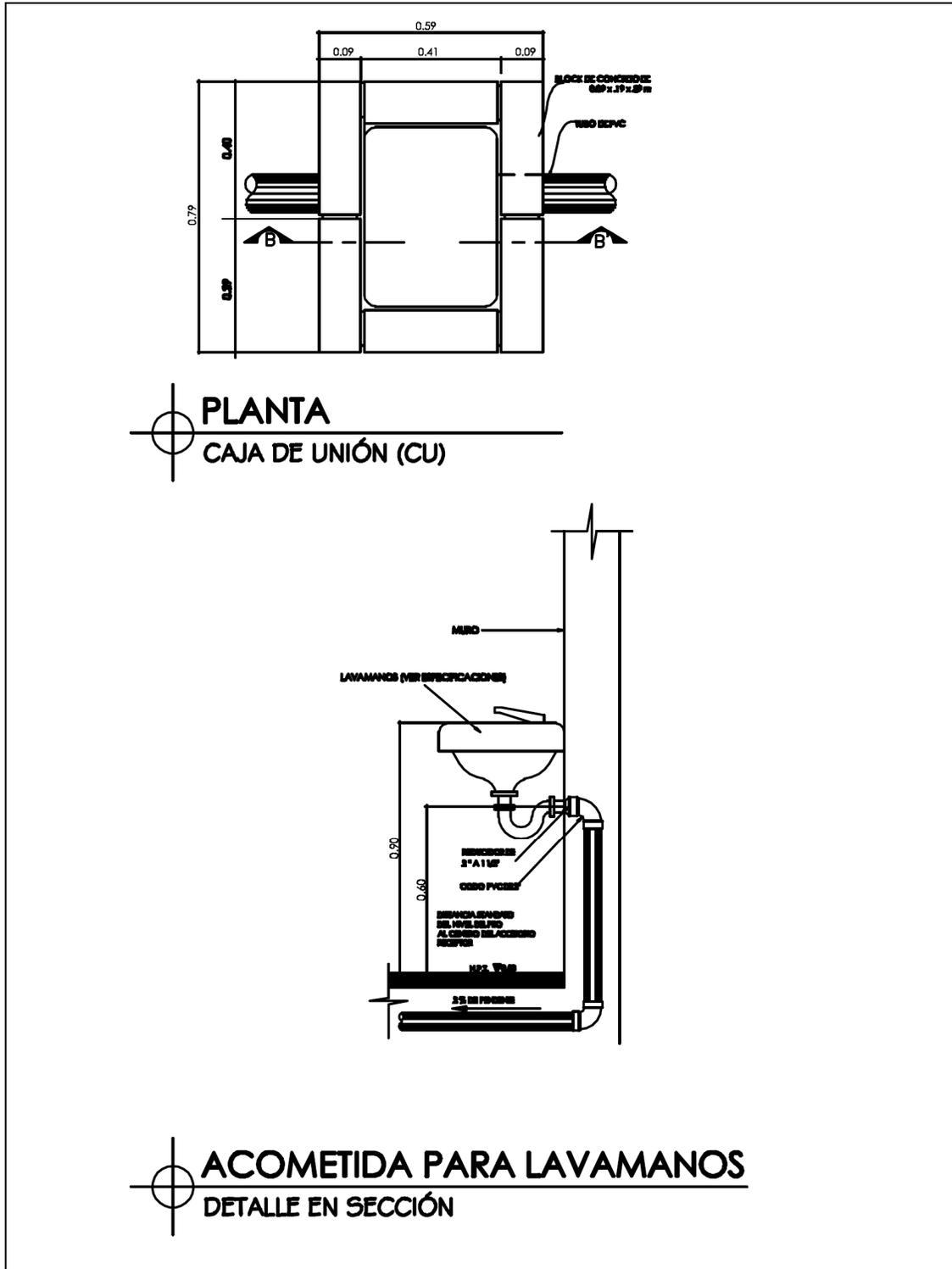
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2009.

Figura 29. Plano de sistema de drenaje

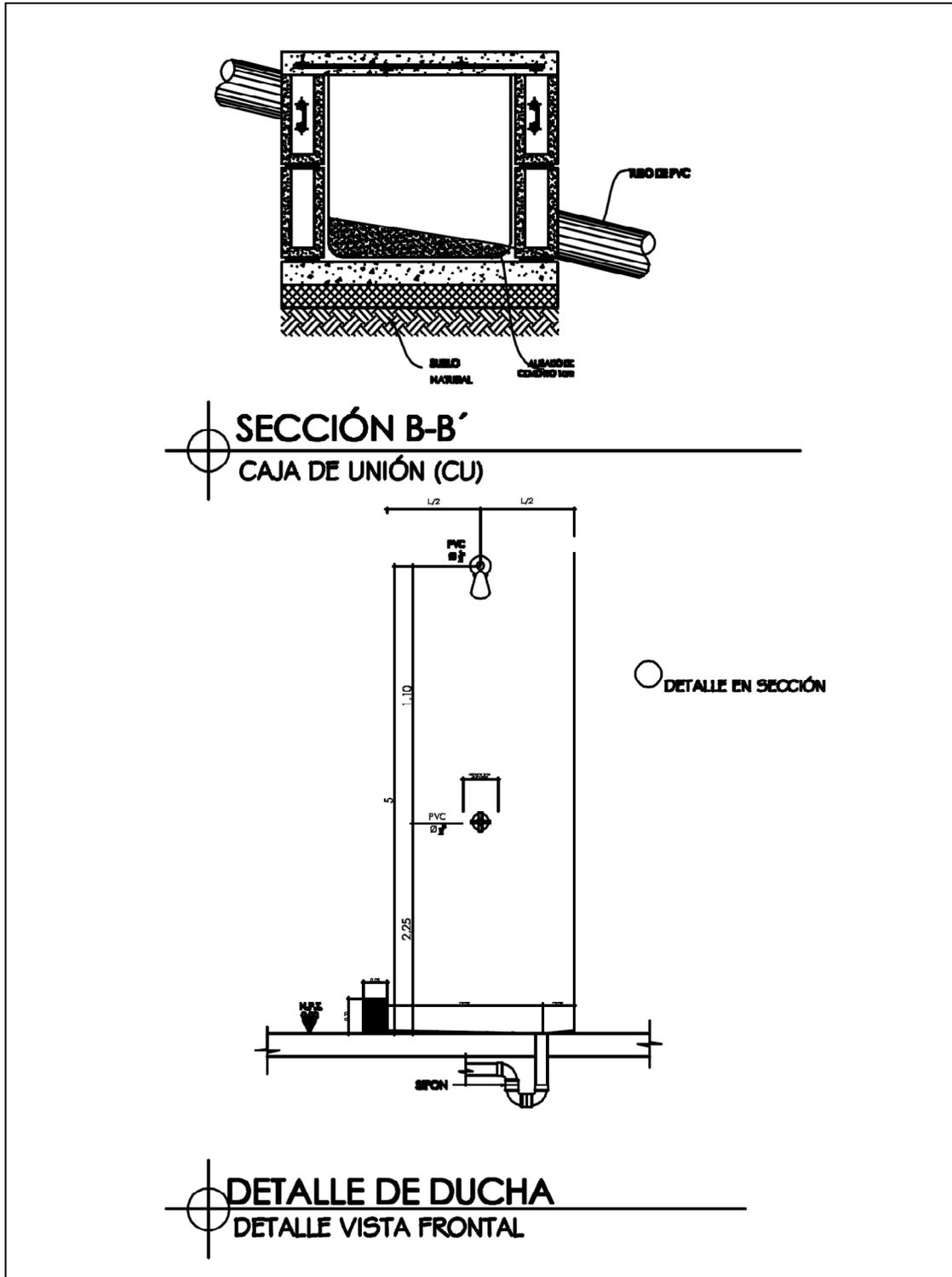


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2009.

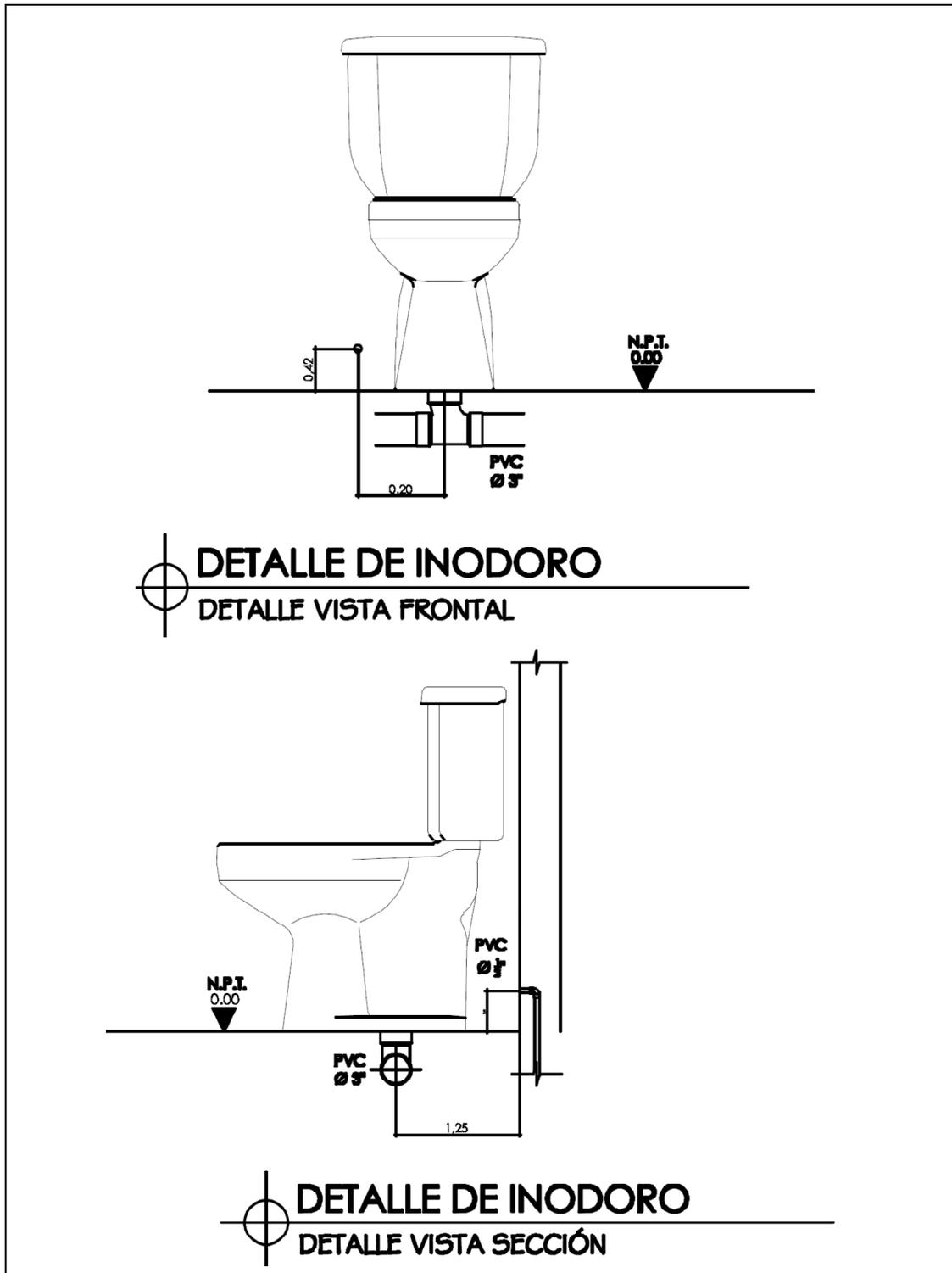
Figura 30. Detalle del sistema de drenaje



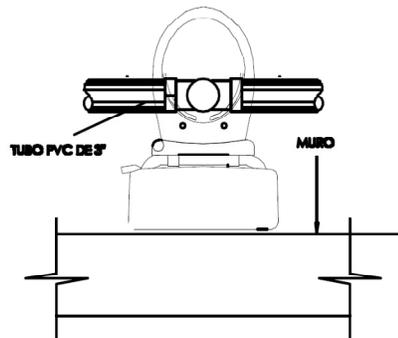
Continuación de la figura 30.



Continuación de la figura 30.



Continuación de la figura 30.



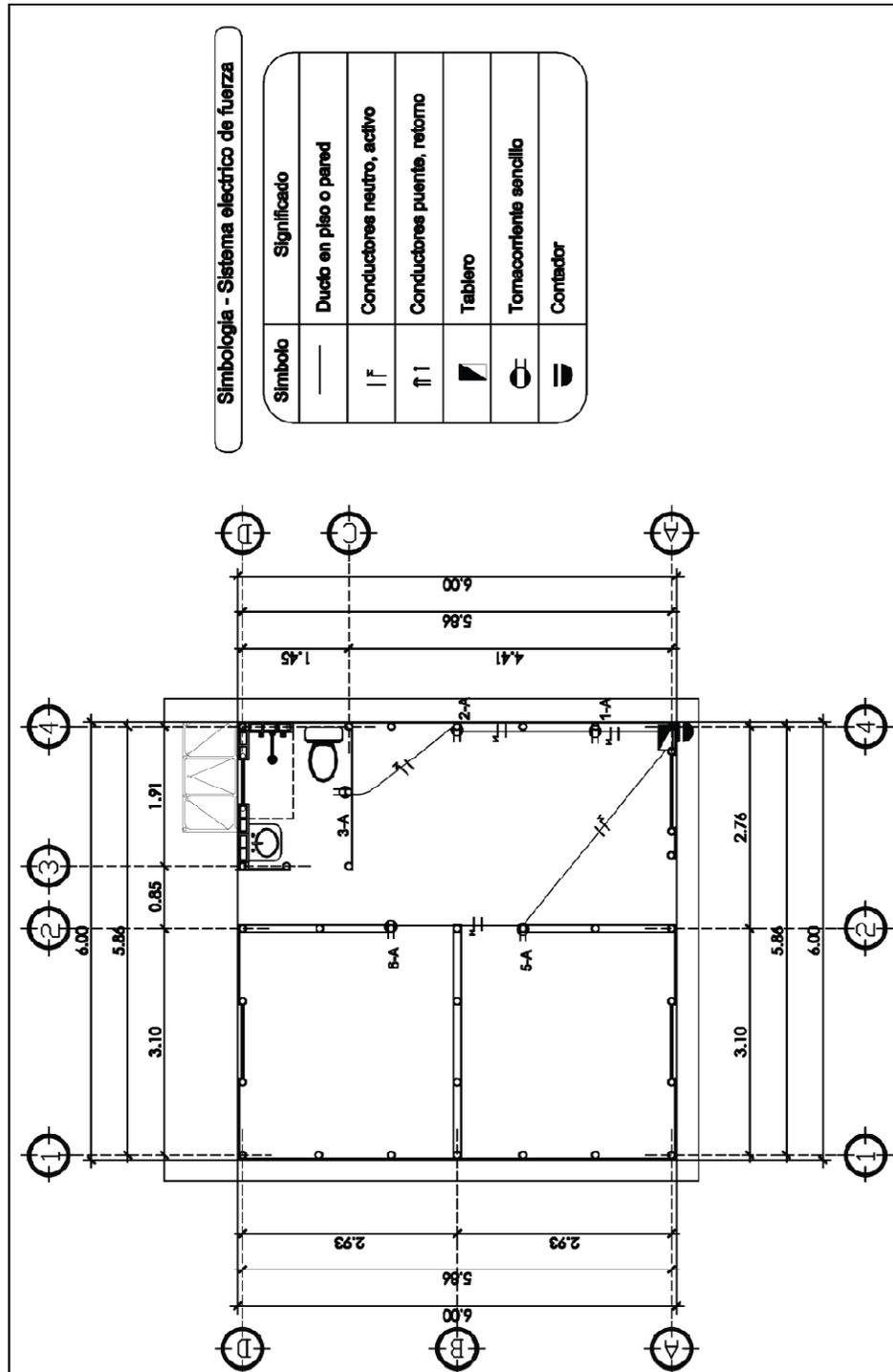
ACOMETIDA PARA RETRETE
DETALLE EN PLANTA

ESPECIFICACIONES TECNICAS
GENERALES

- Las dimensiones, materiales, forma y calidad de los tubos, serán indicados en los detalles en los planos.
- En ningún caso se instalarán tuberías con diámetro interior menor a lo indicado a los planos, los tubos colocados deberán formar un conducto continuo, sin filtraciones y con una superficie lisa y uniforme.
- El ancho de las zanjas se hará de acuerdo con el diámetro del tubo por colocar y en función de la profundidad.
- El fondo de la excavación en que vaya a descansar el tubo deberá estar exento de piedras salientes, raíces u otras desigualdades que impidan que el tubo tenga un apoyo firme y uniforme.
- Las excavaciones se rellenarán compactando el material por capas de 20 centímetros.
- El material que se use como relleno deberá estar exento de raíces, troncos y otras materias orgánicas.
- Se tenderá la tubería de manera que apoye en todo el desarrollo de su culmata inferior y en toda su longitud en el fondo de la excavación o sobre la plantilla previamente construida.

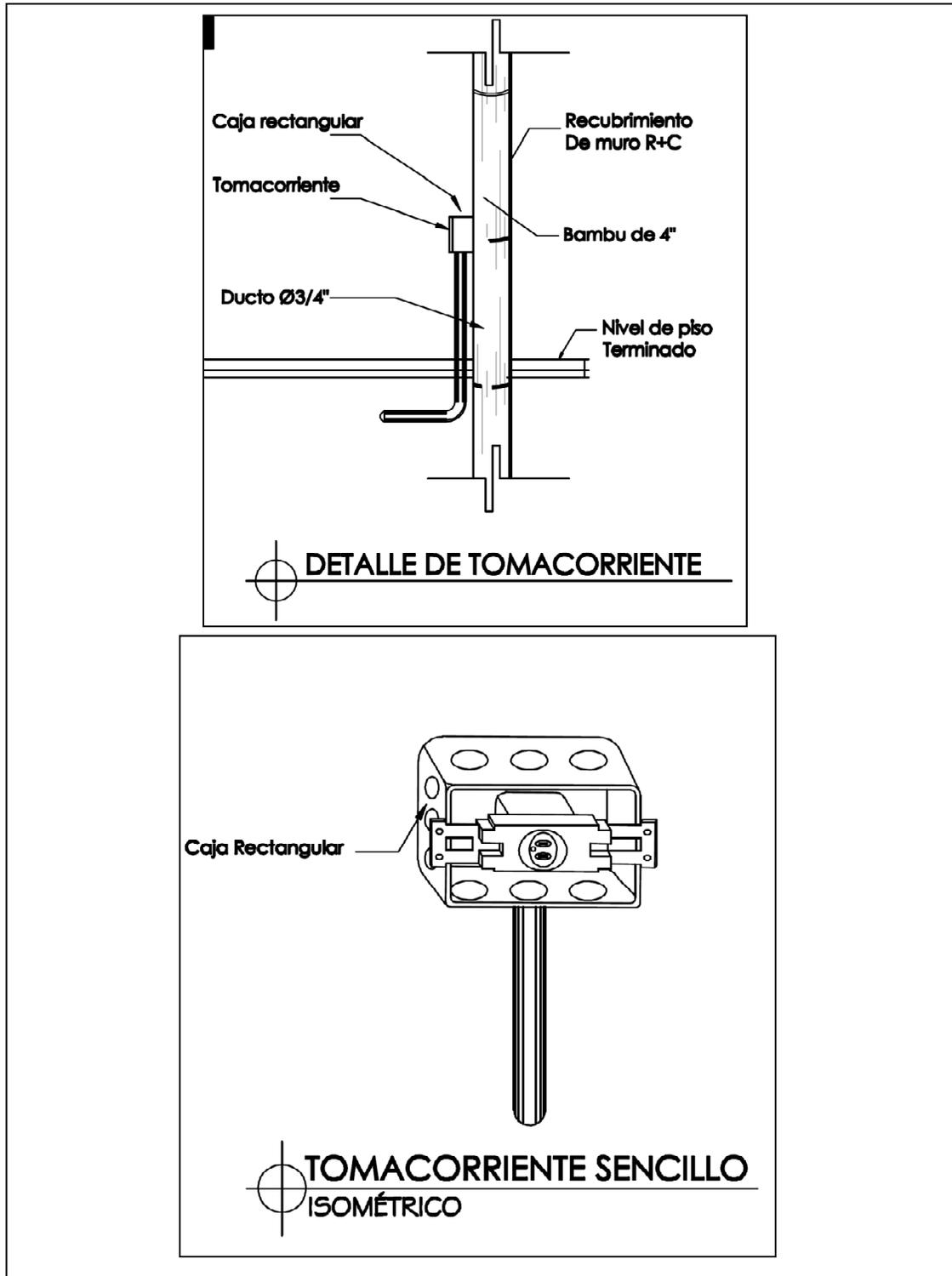
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2009.

Figura 31. Plano eléctrico de fuerza

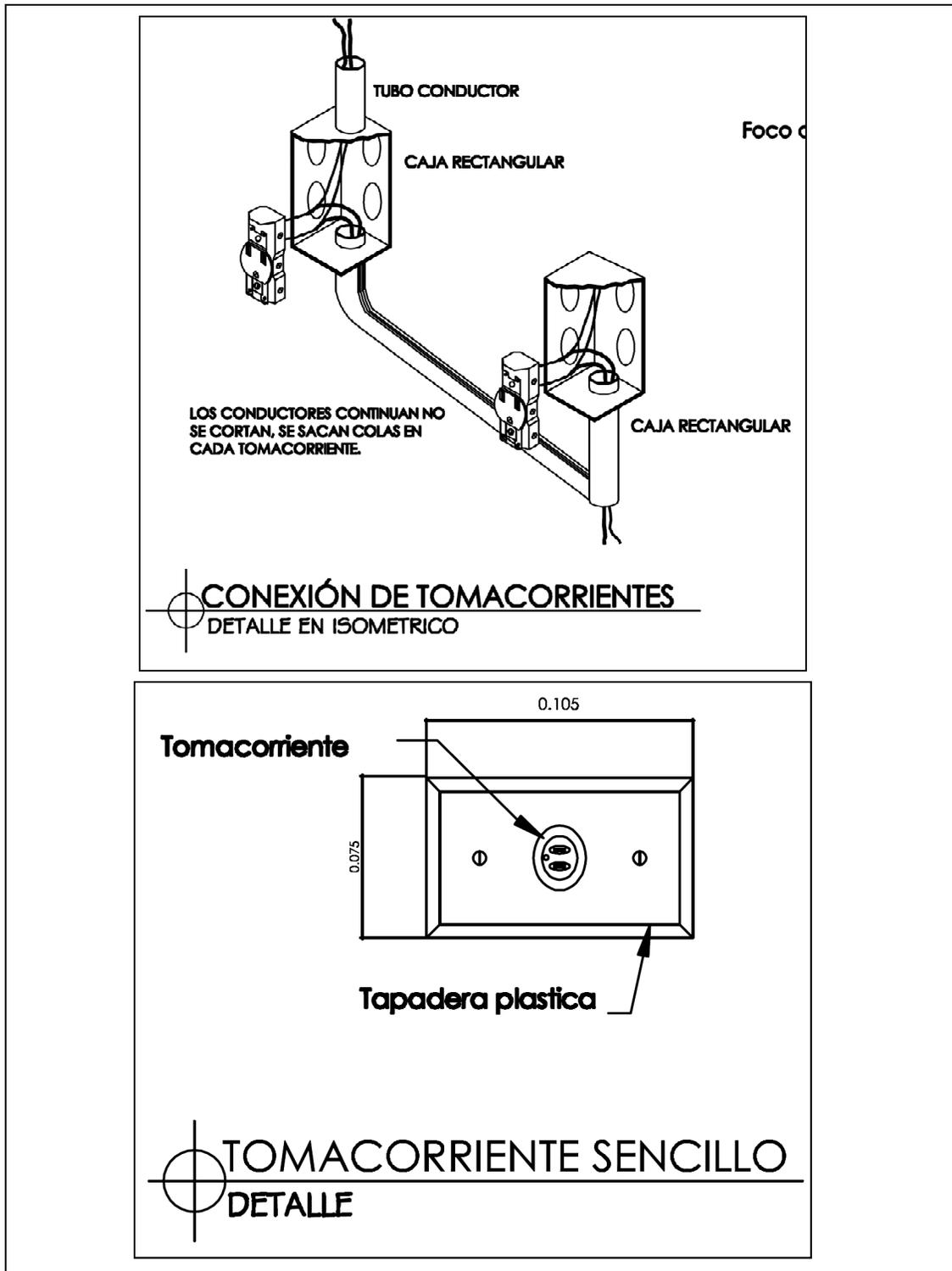


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCAD 2009.

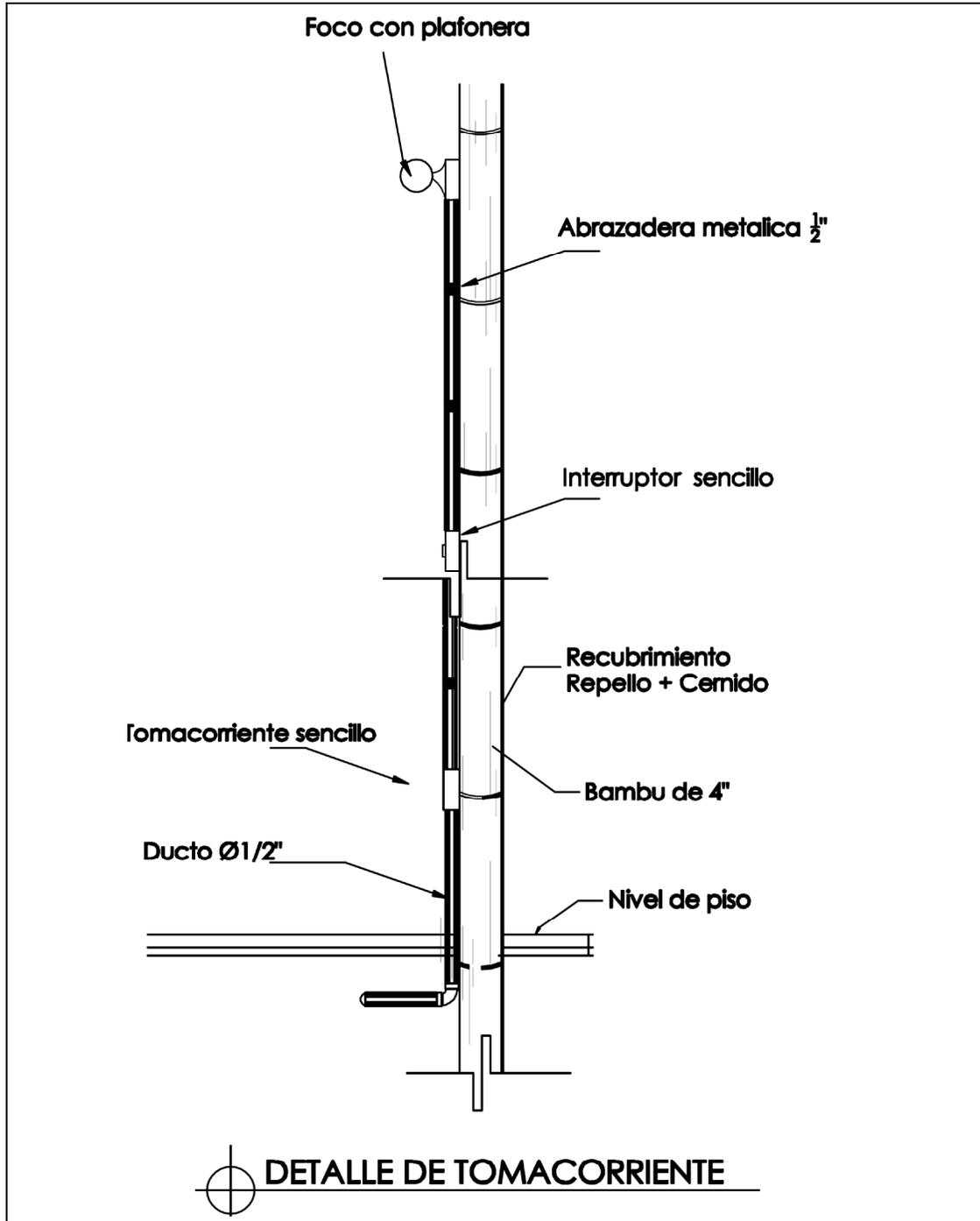
Figura 32. **Detalle del sistema eléctrico de fuerza**



Continuación de la figura 32.

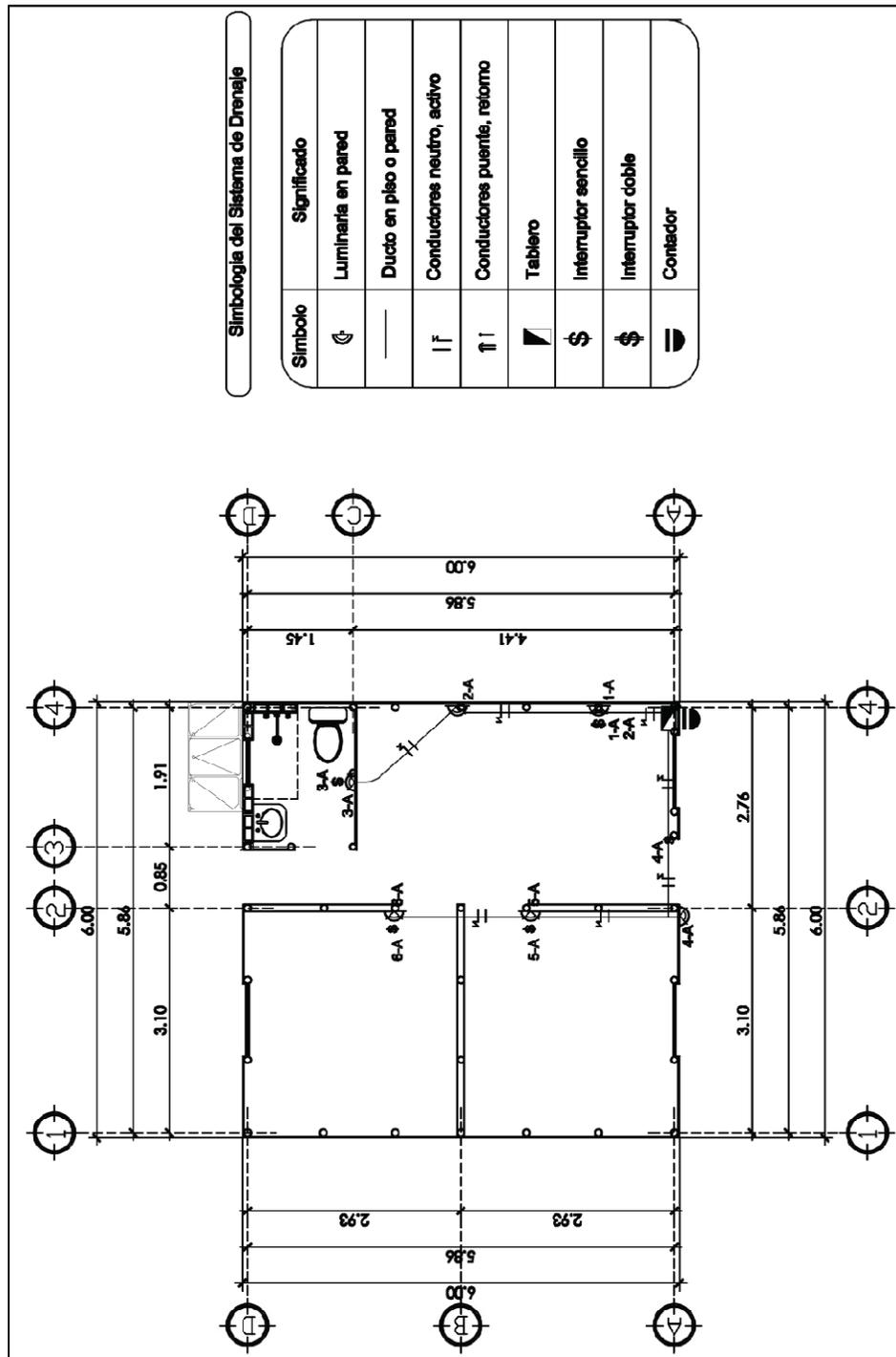


Continuación de la figura 32.



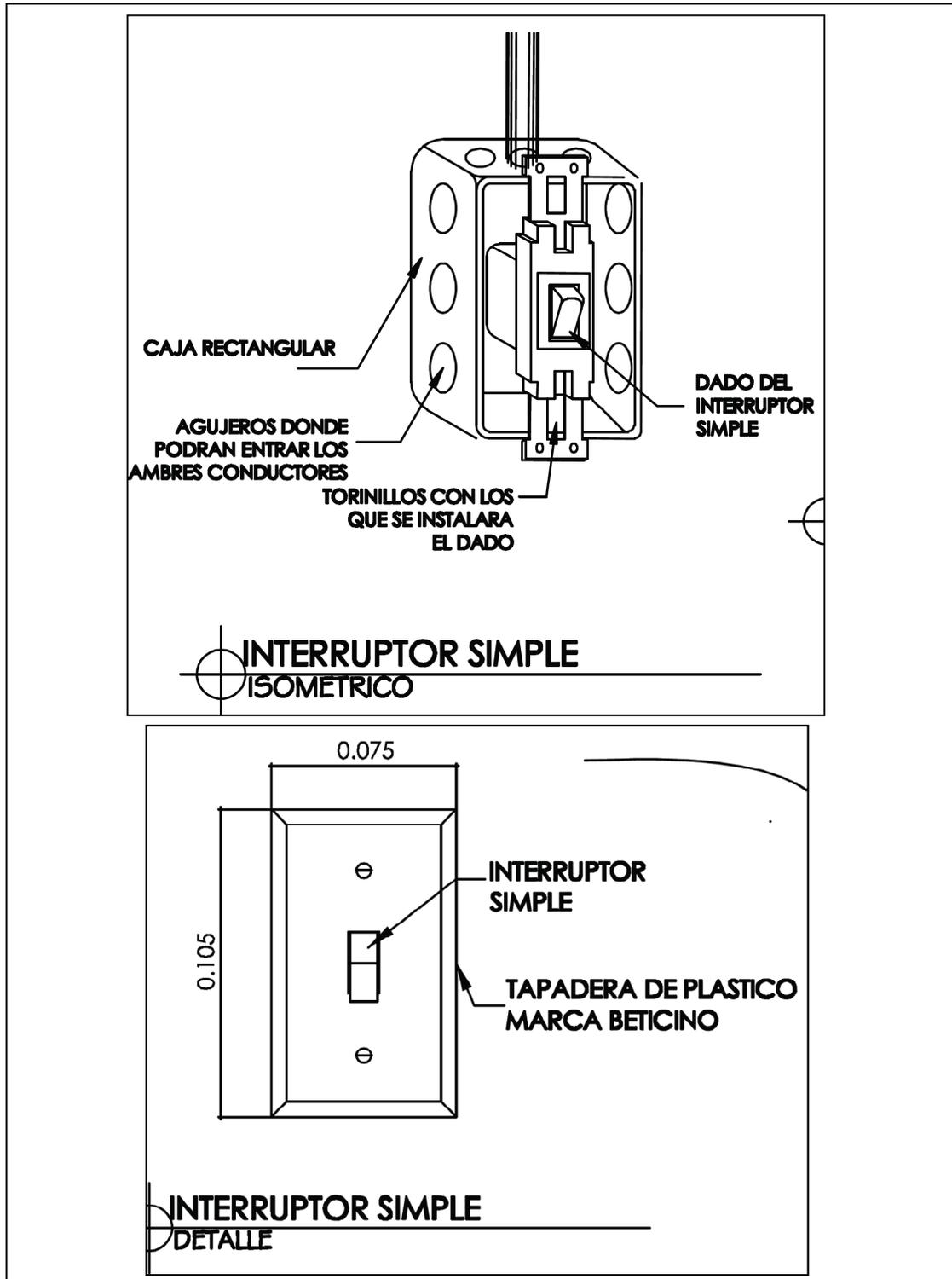
Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad 2009.

Figura 33. Plano eléctrico de iluminación

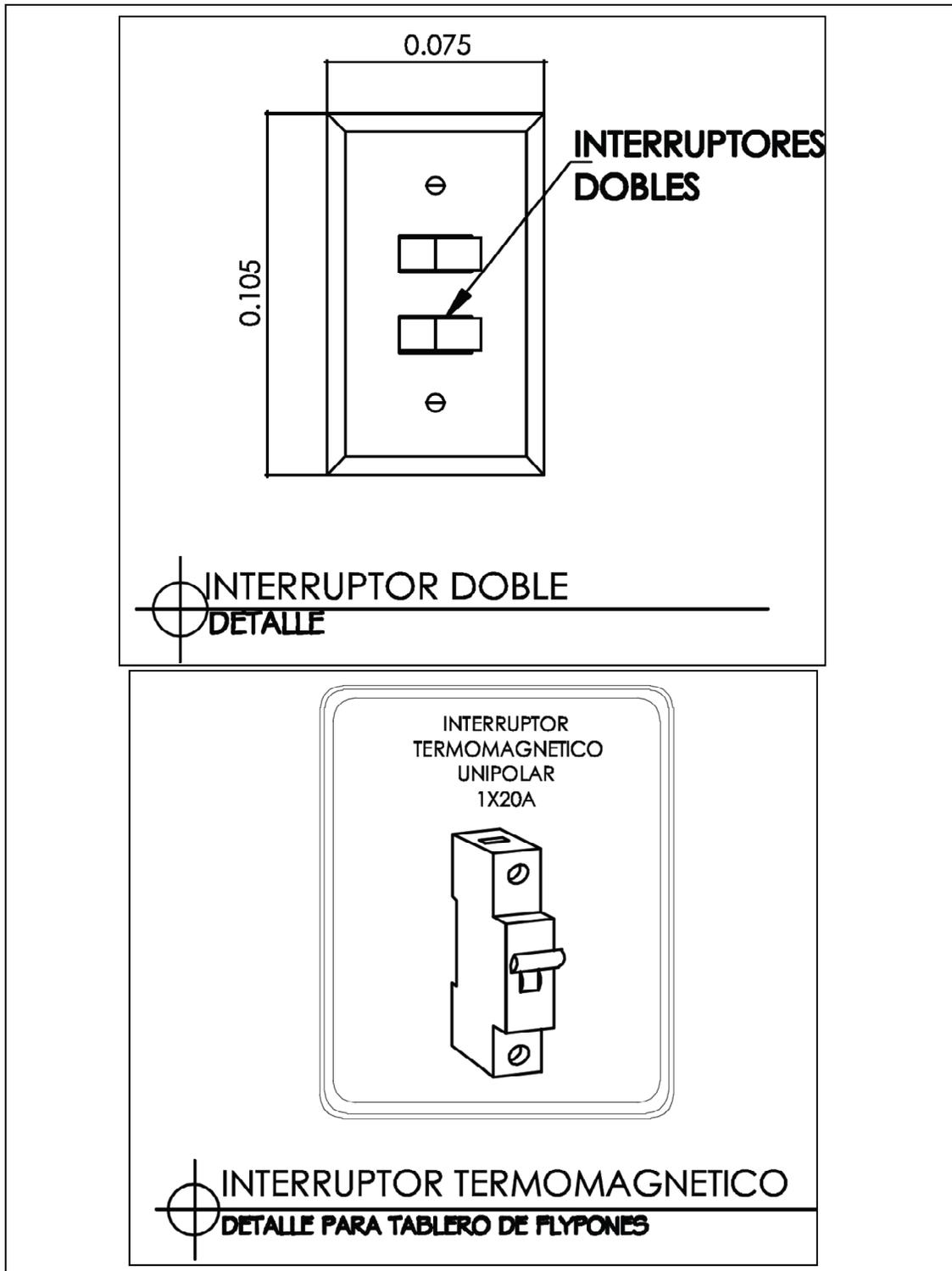


Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad 2009.

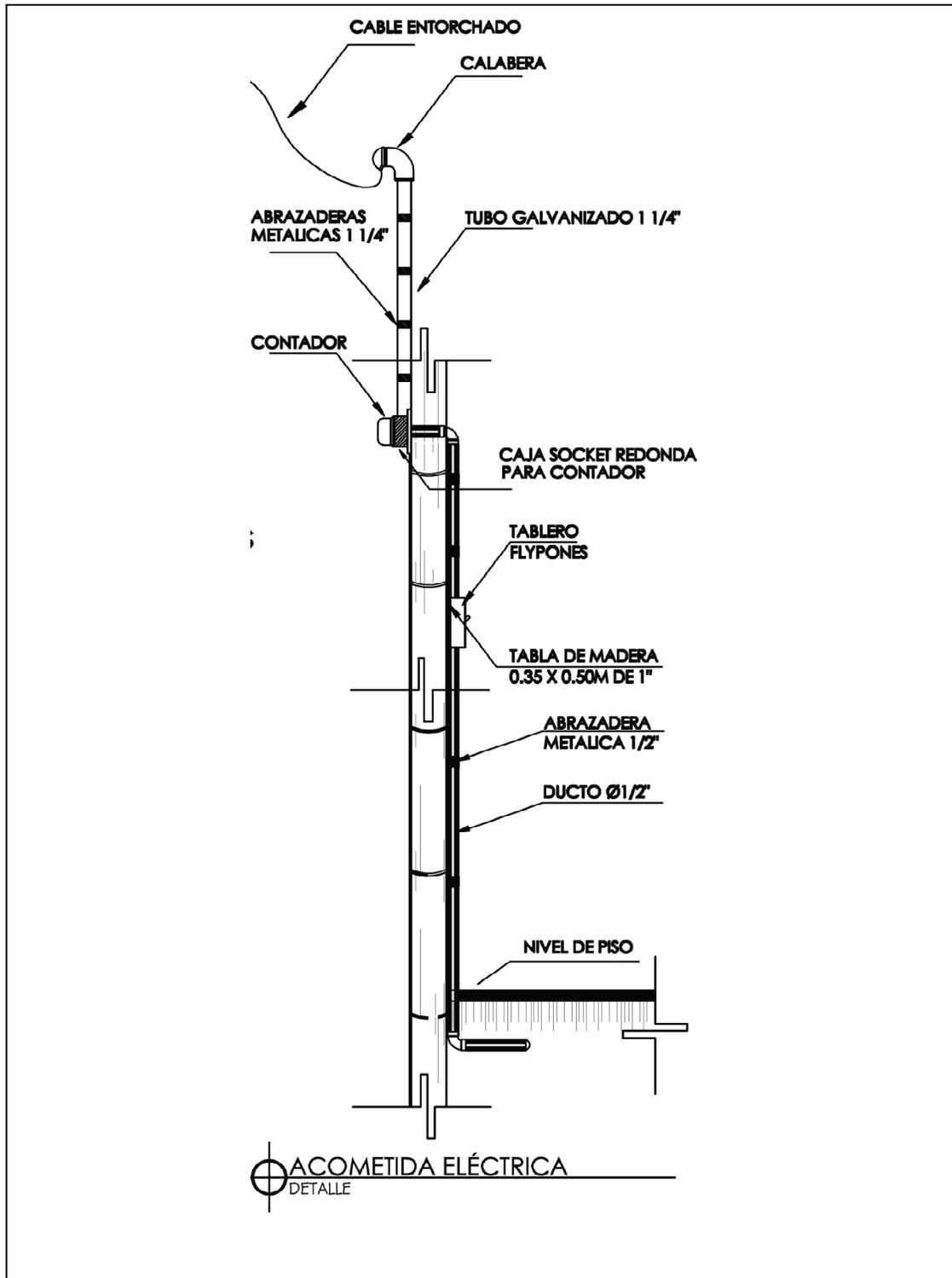
Figura 34. Detalle del sistema de iluminación



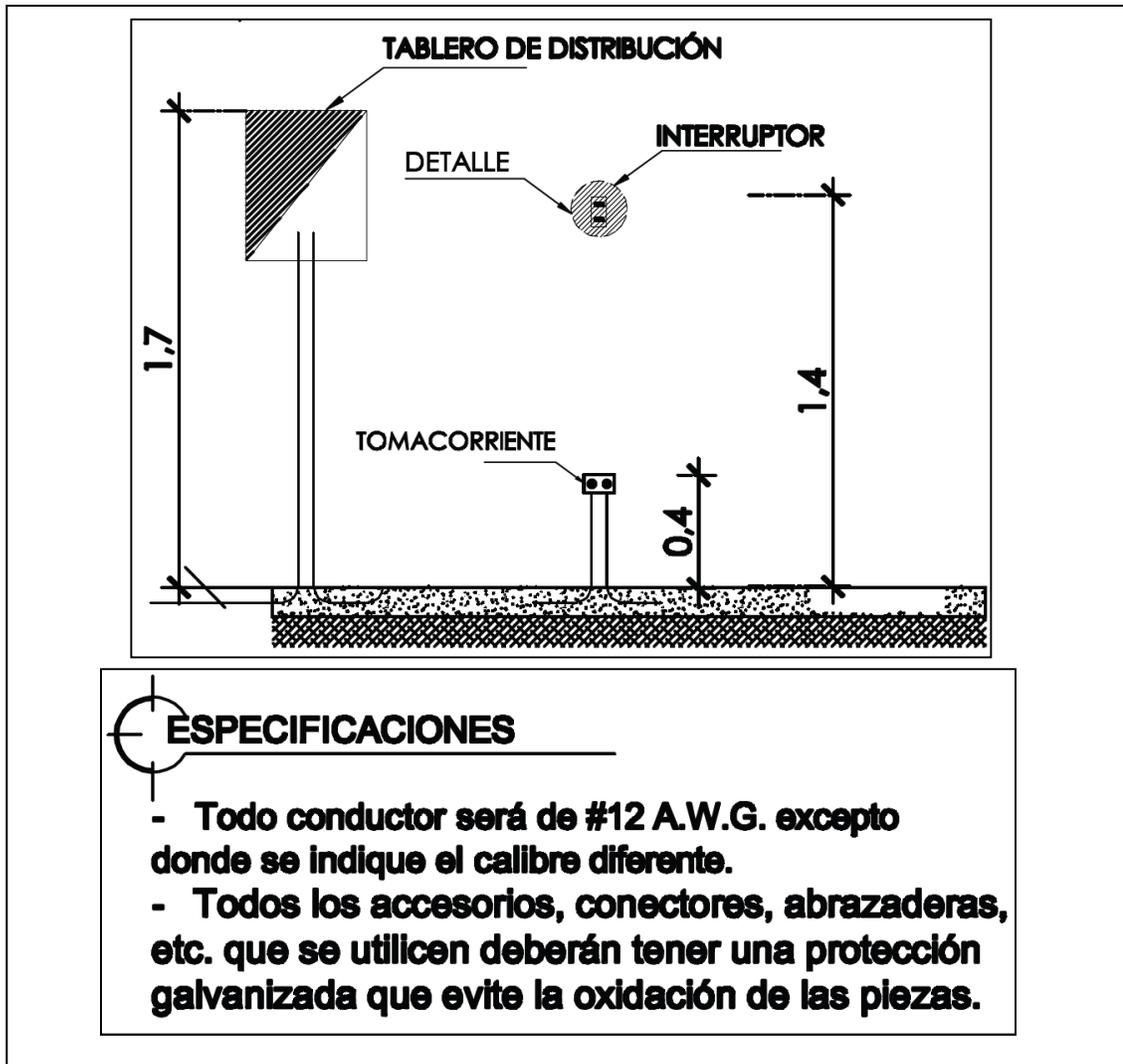
Continuación de la figura 34.



Continuación de la figura 34.



Continuación de la figura 34.



Fuente: elaboración propia, con programa de AutoCad 2009.

6. PRESUPUESTO VIVIENDA DE BAMBÚ

El presupuesto en obras constructivas, es un documento que se realiza para tener una estimación de gastos o ingresos que se tendrán en la obra a ejecutarse. Es la planificación fundamentada de muchas estrategias por las cuales constituye un instrumento importante como norma, utilizado como medio administrativo para la determinación adecuada de capital, costos e ingresos necesarios en una empresa constructora, así como la debida utilización de los recursos disponibles acorde con las necesidades de cada una de las áreas constructivas.

Este instrumento, también sirve de ayuda para la determinación de metas que sean comparables a través del tiempo, coordinando así las actividades de los departamentos a la consecución de estas, evitando costos innecesarios y mala utilización de recursos. De igual manera permite a la administración conocer el desenvolvimiento de la empresa, por medio de la comparación de los hechos y cifras reales con los hechos y cifras presupuestadas y/o proyectadas para poder tomar medidas que permitan corregir o mejorar la actuación de la constructora y ayudar en gran medida para la toma de decisiones presentes y futuras.

A continuación se presenta el presupuesto con renglones y subrenglones y sus respectivos precios unitarios para cada área constructiva. En los anexos se detallan los materiales a utilizarse en la vivienda, con el propósito que el lector, personas interesadas, empresas constructoras, instituciones, ente otros, tengan la facilidad de tener detallado lo que se utilizará por cada fase constructiva de la vivienda para lograr ejecutar esta vivienda con mayor facilidad.

Tabla XV. **Presupuesto de construcción de vivienda utilizando bambú**

Cuantificación vivienda de bambú					
No.	Renglón	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Trabajos preliminares				
1.1	Limpieza y chapeo	m ²	36,00	Q. 14,97	Q. 538,92
1.2	Trazo y estaqueado	m ²	36,00	Q. 4,78	Q. 172,08
2	Cimentación tipo pilotes	m ³	0,42	Q. 731,26	Q. 307,13
3	Columnas				
3.1	Columna de bambú de 4"	m	113,5	Q. 6,16	Q. 699,16
3.2	Columna de bambú de 3"	m	9	Q. 6,66	Q. 59,94
4	Vigas				
4.1	Viga de bambú de 4"	m	16,5	Q. 14,76	Q. 243,54
5	Dinteles y sillares	m	8	Q. 10,11	Q. 80,88
6	Muros de bambú + repello	m ²	91,8	Q. 35,91	Q. 3 296,54
7	Techos	m ²	40,96	Q. 72,08	Q. 2 952,40
8	Sistema de agua potable	Global	1	Q. 458,75	Q. 458,75
9	Sistema de drenaje sanitario	Global	1	Q. 706,88	Q. 706,88
10	Sistema eléctrico	Global	1	Q. 1 087,45	Q. 1 087,45
11	Acabados generales				
11.1	Torta de piso	m ²	40,5	Q. 58,18	Q. 2,356,29
11.2	Inodoro	u	1	Q. 425,00	Q. 425,00
11.3	Lavamanos	u	1	Q. 225,00	Q. 225,00
11.4	Ducha	u	1	Q. 30,00	Q. 30,00
11.5	Pila	u	1	Q. 215,00	Q. 215,00
11.6	Puerta p-1	u	1	Q. 500,00	Q. 500,00
11.7	Puerta p-2	u	2	Q. 435,00	Q. 870,00
11.8	Puerta p-3	u	2	Q. 445,00	Q. 890,00
11.9	Ventanas	m ²	3,05	Q. 410,41	Q. 1 251,75
Gran total					Q 17 366,71

Fuente: elaboración propia.

El precio total de la vivienda unifamiliar de bambú que corresponde a 36 metros cuadrados de construcción tiene un valor de Q. 17 366,71, obteniendo un valor costo al metro cuadrado de construcción de Q. 482,41.

7. VIVIENDA PROPUESTA COMPARADA CON VIVIENDA FOGUAVI

La vivienda FOGUAVI fue tratada en la sección 2.2. de este documento. En este capítulo se compararán en el ámbito financiero de ambas viviendas. También con cada uno de los planos elaborados, sus características estructurales. El propósito es que los interesados en el tema puedan observar claramente qué vivienda es más eficiente y económica para el país.

7.1. Diseño de planos

Es importante que el lector o persona interesada conozca detalladamente cuáles son las ventajas de construir una vivienda de bambú comparada a una vivienda construida con materiales tradicionales. A continuación se hace esta comparación en el mismo orden del juego de planos de la vivienda.

7.1.1. Plano de planta

A continuación se describe la distribución de ambientes de la vivienda de bambú comparada con la vivienda que ofrece FOGUAVI.

Tabla XVI. Comparación plano de planta

Características	Vivienda propuesta	Vivienda FOGUAVI
Área de ambientes	<ul style="list-style-type: none">Similar a la vivienda que FOGUAVI ofrece, con el fin de poder hacer una comparación real en los ámbitos constructivos y económicos.	<ul style="list-style-type: none">El diseño de esta vivienda está conformado por 2 habitaciones, sala, comedor, cocina, baño y área de pila.

Fuente: elaboración propia.

7.1.2. Plano acotado

Es indispensable que las comparaciones se hagan lo mas exactas posibles, y esta fue la base que se tomó para diseñar la vivienda de bambú, realizando este diseño con las mismas medidas perimetrales que ofrece la vivienda de FOGUAVI, con la diferencia que se logró dar mayor espacio a las habitaciones por ser el ambiente de descanso de la familia.

Tabla XVII. Comparación plano acotado

Área	Vivienda propuesta	Vivienda FOGUAVI
Vivienda	36 m ²	36 m ²
Habitación no. 1	9 m ²	7,87 m ²
Habitación no. 2	9 m ²	7,87 m ²
Comedor - sala	8,85 m ²	8,75 m ²
Baño	2,72 m ²	2,33 m ²
Corredor interno	4,49 m ²	4,70 m ²
Grosor de muros	1,94 m ²	4,48 m ²

Fuente: elaboración propia.

7.1.3. Plano estructural

El diseño estructural de la vivienda de bambú fue determinado a partir de la serie de parámetros que utiliza la embajada de Taiwán en Guatemala, debido a que ellos son los pioneros en la actualidad en la construcción de bambú en el país y además de la muy enriquecedora reseña histórica que cuentan los países asiáticos en la construcción de viviendas con bambú.

Tabla XVIII. **Comparación plano estructural**

Vivienda propuesta	Vivienda FOGUAVI
<ul style="list-style-type: none"> • Cimentación: tipo “zapata aislada”, debido a que no tendrá cimientado corrido, es decir cada columna trabaja independientemente. Están apoyadas en una base de concreto de 2 pulgadas y es necesario que cada columna, según sea el diámetro, se haga una excavación de 2 pulgadas alrededor de esta misma, y se rellene con concreto; a modo de hacer un recubrimiento alrededor del bambú para evitar que la humedad del suelo afecte sus propiedades. • Columnas: elaboradas con tallos de bambú de 4 pulgadas de diámetro, de la especie <i>Guadua</i>. • Solera corona: elaborada con tallos de bambú de 3 pulgadas de diámetro, con la función de dar cerramiento en la parte superior de los muros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cimentación: concreto con armadura de hierro, la armadura está elaborada con varillas equivalentes; varilla no. 3 para el refuerzo longitudinal y eslabones con varilla no. 2 en forma triangular, la sección está terminada con una sección en forma trapezoidal. En este mismo es donde se asientan todas las columnas y pines que conforman el diseño estructural de la vivienda. • Columnas: elaboradas con concreto armado. • Solera corona: elaborada con block “u” y varillas no. 3; formando una “costilla” con 2 varillas no. 3 para el refuerzo longitudinal y eslabones con varilla no. 2.

Fuente: elaboración propia.

7.1.4. **Plano de agua potable**

El sistema de agua potable se diseñó haciendo una variación al que ofrece la vivienda de FOGUAVI. A continuación se detalla:

Tabla XIX. **Comparación plano de agua potable**

Vivienda propuesta	Vivienda FOGUAVI
<ul style="list-style-type: none"> El sistema está diseñado con una red a circuito cerrado, con el objetivo que se mantenga la presión que entra a la vivienda. 	<ul style="list-style-type: none"> El sistema está diseñado con una red a circuito abierto.

Fuente: elaboración propia.

7.1.5. **Plano de secciones y elevaciones**

Las elevaciones que se estipularon para esta vivienda son altas, debido al clima en que se encuentran estos departamentos. A continuación en la tabla XX se comparan las dos viviendas:

Tabla XX. **Comparación plano de secciones y elevaciones**

Característica	Vivienda propuesta	Vivienda FOGUAVI
Muros	<ul style="list-style-type: none"> La estructura de la pared está formada por parales de bambú de 10 cm de diámetro promedio y separado a una distancia máxima de 100 cm. Una vez fijados los parales se cubren en algunos casos en ambos lados de los parales (muros internos indicados) y en otros solo en el lado exterior con tableros de esterilla de bambú y encima de este, un recubrimiento de cemento-cal-arena con un grosor de 2 cms. 	<ul style="list-style-type: none"> Elaborado con block de 14 x 19 x 39 cm colocados en forma de "encadenado", con pines y columnas utilizados en las áreas y lugares indicados, que conforman los muros.
Altura de muro	2,60 m	2,60 m
Altura de cubierta	3,10 m	2,95 m

Fuente: elaboración propia.

7.1.6. Plano de techos

El diseño de techo se hizo con armadura de bambú a diferencia de la que ofrece FOGUAVI, que es con estructura metálica, este techo al igual que el comparado funcionan estructuralmente de una manera muy eficiente. Con la ventaja que el costo techo que ofrece la vivienda propuesta es más bajo que el de la otra vivienda. A continuación en la tabla XXI se comparan con más detalle:

Tabla XXI. Comparación plano de techos

Vivienda propuesta	Vivienda FOGUAVI
<ul style="list-style-type: none">• Tijeras: son elaboradas con bambú y los amarres a las vigas y columnas serán con alambre galvanizado no. 14 y tornillos polser de 4”.• Tendales: serán de bambú de 2”. Se pondrá entre la lámina y el tendal una regla de madera de 2” x 1”; debido a que por los rayos del sol, con el tiempo, el clavo que se incrusta en el bambú se afloja porque se raja, siendo indispensable agregarla para evitar este problema futuro.• Lamina: lámina ondulada de material galvanizado calibre 28 con su capote respectivo.	<ul style="list-style-type: none">• Tijeras: no se elaboran tijeras, debido a que los muros se levantan con la inclinación necesaria, a modo de cumplir con la pendiente requerida, haciendo al final una fundición de solera de mojinete, con sección de 10 x 12 cm; 2 varillas de acero no.3 a modo de formar una costilla.• Tendales: van adheridos a la solera mojinete.• Lamina: ondulada de material galvanizado calibre 28 con su capote respectivo.

Fuente: elaboración propia.

7.1.7. Plano de drenaje

El sistema se diseñó pensando en cualquier taponamiento que pudiera haber en el sistema, es por ello que se agregó un caja trampa de grasa. A continuación se describe en la tabla XXII lo anteriormente mencionado:

Tabla XXII. Comparación plano de drenaje

Vivienda propuesta	Vivienda FOGUAVI
<ul style="list-style-type: none">• Sistema: está diseñado con pendiente del 2 % y con tubería de 2" y 3".• Caja trampa de grasa: con el objetivo que se pueda realizar una limpieza efectiva a modo de interceptar la mayor cantidad de grasas y objetos sólidos que puedan dañar y producir taponamientos al sistema general de la urbanización o municipal.• Candela: material de concreto con diámetro de 12".	<ul style="list-style-type: none">• Sistema: está diseñado con pendiente del 2 % y con tubería de 3".• Caja de unión: está provista de una caja de unión, diferenciándose de la caja de trampa de grasa propuesta en la vivienda de bambú.• Candela: material de concreto con diámetro de 12".

Fuente: elaboración propia.

7.1.8. Plano eléctrico de fuerza e iluminación

El sistema eléctrico se diseñó combinado, con el propósito de darle una mayor utilidad al amperaje máximo en cada línea eléctrica.

Tabla XXIII. **Comparación planos eléctricos**

Vivienda propuesta	Vivienda FOGUAVI
<ul style="list-style-type: none"> Este sistema se diseño dividiendo en 2 líneas; cada una abastece tanto las unidades de fuerza como de iluminación, debido a que se quiere tener una mejor utilización del material y así poder bajar costos. La 1era línea abastece las 2 habitaciones tanto en las unidades eléctricas de fuerza como en las de iluminación; consume 12,55 amperios, asumiendo el uso de todos los artefactos eléctricos al mismo tiempo. La segunda línea abastece la sala, comedor, cocina y baño; tanto en las unidades eléctricas de fuerza como en la iluminación; consume 10 amperios, asumiendo el uso de todos los artefactos eléctricos al mismo tiempo. 	<ul style="list-style-type: none"> Este sistema está diseñado con una sola línea que abastece para todas las unidades de electricidad tanto de fuerza como de iluminación. Utilizan cable no. 12 para todo el sistema.

Fuente: elaboración propia.

7.2. Presupuestos

A continuación se comparan los presupuestos, tanto de la vivienda propuesta como de la vivienda de FOGUAVI, con el fin que el lector o persona interesada vea con mayor claridad qué vivienda es más eficiente en términos económicos, para que se pueda observar que la construcción de una vivienda de bambú para todo tipo de situaciones, es más eficiente que la vivienda tradicional, por lo que que será posible abastecer a una mayor cantidad de personas de una

vivienda cómoda con el mismo presupuesto que se le haya asignado a algún proyecto social.

Tabla XXIV. **Comparación de presupuestos**

Característica	Vivienda propuesta	Vivienda FOGUAVI
Precio total de presupuestos	Q. 17 366,71	Q. 21 070,62
Precio por m ² de construcción	Q. 482,41	Q. 585,30

Fuente: elaboración propia

7.3. Ventajas y desventajas

Es importante tomar en cuenta los pro y contras de esta vivienda construida con bambú para brindar una mejor calidad constructiva a la familia usuaria.

7.3.1. Ventajas

La vivienda propuesta, cuenta con muchas ventajas con respecto a la vivienda elaborada con materiales tradicionales que ofrece la institución de FOGUAVI. A continuación se describen las ventajas al elaborar viviendas con este material constructivo:

- Es un material relativamente económico; lo que permite que el método constructivo con bambú sea más favorable económicamente para la sociedad que el método constructivo tradicional con block y varillas de acero.

- El bambú es fácil de transportar y almacenar en forma conveniente y económica, debido a su forma cilíndrica interior, por lo general hueco, que hacen de este; un material liviano. Lo que permite que ocupe menos espacio comparado a almacenar todos los materiales tradicionales como block, hierro galvanizado, arena, pedrín, pegablock, etc.
- El bambú aparte de ser económico, cuenta con la ventaja que la estructura física le proporciona alta resistencia en relación a su peso y sus fibras que corren en dirección longitudinal al tallo; que contribuyen a evitar la ruptura al curvarse.
- El comportamiento del bambú bajo cargas flexionantes, demuestra ser un material ideal para la construcción en zonas sísmicas. Al momento que estos sismos sean muy dañinos a las viviendas y provoquen el desplome de estas mismas, este tipo de vivienda provocaría menos muertes que las viviendas con block y concreto armado, por la simple razón de su liviano peso.
- La superficie natural del bambú generalmente es limpia, dura y de textura lisa, a menudo muestra atractivos colores, cuando los tallos han sido manejados convenientemente, lo que proporciona en estos casos a las construcciones elegancia y belleza sin necesidad de aplicar acabados en los muros para que la vivienda pueda verse atractiva como lo es en el caso de las viviendas a block visto.
- El bambú tiene la ventaja que al ser un recurso natural muy sobresaliente en longitud, resistencia y peso, lo que permite que se emplee en todo tipo de miembros estructurales, desde cimientos, vigas, muros hasta los techos. Siendo en las viviendas tradicionales lo contrario debido a que los

blocks por ejemplo, solo pueden usarse para levantar muros, pero no para techos o vigas, entre otros; es decir no se logra utilizar en todos los miembros estructurales.

- La construcción con bambú comparado a la construcción con muros de block y concreto armado es mucho más eficiente en cuestión de tiempo, debido a la facilidad de levantar muros con la esterilla del bambú.

7.3.2. Desventajas

Desde el punto de vista de la construcción, los tallos de bambú tienen ciertas características que limitan o reducen su calidad o empleo como material de construcción con respecto al método tradicional de block y concreto armado.

No obstante, hay maneras de superar o reducir esas limitaciones, que al trabajarse y tomarlas en cuenta para este material, se hace bastante competente en la construcción, a continuación se describen:

- Dimensiones variables: es difícil obtener tallos de longitud y diámetro uniformes, por eso su proceso no puede ser mecanizado y su uso puede caer dentro de las actividades artesanales. Cuando hay un número amplio de tallos, esa variabilidad puede superarse en cierto grado aplicando una selección y una clasificación cuidadosa.
- Superficies desuniformes: el uso de ciertos elementos se hace difícil debido a la curvatura que presentan los tallos, lo resaltado de los nudos, la desigualdad de tamaño y forma de entrenudos, y también la desigualdad y conicidad en la forma pical del tallo. Todo lo anterior evita obtener una construcción ajustada, a prueba de la intemperie y de los

insectos. Para poder superar los efectos de desigualdad, se tienen que seleccionar los tallos, pensando en la exigencia de su empleo. Además 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. Los tallos que presentan curvaciones o en forma de zig-zag, pueden ser empleados para fines en los que la forma no tienen importancia o donde se logre un efecto decorativo.

- **Rajadizo:** el bambú tiende a rajarse fácilmente, con excepción de los de pared gruesa como el *Bambusa Tulda* o los de pared relativamente suave como ciertas subespecies de la especie *Guadua*. Esta desventaja impide el uso de clavos y limita el número de técnicas para formar armazones y uniones en elementos estructurales. Se recomienda usar los tallos de pared más gruesa y menos propensa a rajarse para fines en lo que lo rajadizo del material es una desventaja. Cuando sea posible, cortar los extremos inmediatamente detrás de un nudo, pues tiene un coeficiente de resistencia al esfuerzo de corte mayor que los entrenudos. Para las uniones es importante usar cinta de ratán, alambre galvanizado u otro material de amarre y perforar agujeros para el uso de clavos, tornillos o pernos.
- **Poca duración:** algunas especies de bambú son muy susceptibles a la invasión y destrucción parcial por insectos xilófagos. Pueden seleccionarse especies de bambú con poca susceptibilidad y preservarlas para hacerlos menos vulnerables al ataque de insectos. Generalmente las superficies cortadas de los extremos de los tallos son los lugares por donde entran los insectos, por lo que deben tratarse con más cuidado. La mayoría de las especies de bambú también muestran gran susceptibilidad a hongos que causan pudrición, especialmente en condiciones húmedas y

en contacto con el suelo húmedo. Además de preservar el tallo de bambú, se debe darle la protección adecuada para evitar estos contactos a través de un buen diseño.

- Defectos presentados durante el secado: el bambú al secarse se contrae y su diámetro se reduce, provocando en algunos casos agrietamientos, rajaduras, colapso o deformaciones; en los tres primeros casos no se debe usar el tallo estructuralmente y en el último se pierde la longitud en mal estado, para reducir estos defectos es importante realizar un corte y secado correcto.
- El bambú es un material combustible cuando está seco, por ello debe recubrirse con un material a prueba de fuego o por un tratamiento con una sustancia como el ácido bórico, que también es un fungicida e insecticida efectivo, y fosfato de amonio.
- El bambú es conocido por su efecto sobre la pérdida de filo de las herramientas, esto se puede minimizar si se trabaja con herramientas de acero al molibdeno y otras aleaciones duras.

CONCLUSIONES

1. El déficit habitacional sobrepasó en el 2012 las 1,7 millones de viviendas, según las estimaciones del Banco de Guatemala. Los especialistas coinciden en que si no se hace nada al respecto, esto continuará creciendo en 100 mil unidades al año, para rozar los 2 millones en el 2015.
2. El precio total de la vivienda unifamiliar de bambú que corresponde a 36 metros cuadrados de construcción tiene un valor de Q. 17 366,71, teniendo el metro cuadrado de construcción un valor de Q. 482,41.
3. La diferencia en costos con respecto a la vivienda tradicional construida con block y concreto reforzado comparada con la vivienda propuesta diseñada en su mayoría con bambú, es considerable a favor de esta última. La vivienda tradicional tiene un costo de Q. 21 070,62 (100 por ciento) mientras que la vivienda de bambú Q. 17 366,71 (82 por ciento), teniendo una diferencia a favor de Q. 3 703,91 (18 por ciento). Siendo este saldo a favor, importante para poder contrarrestar con mayor eficacia el déficit habitacional del país.
4. La humedad en los tallos de bambú en el momento del corte, es el factor determinante para obtener un material de excelentes condiciones tanto físicas como mecánicas, además de influir en la resistencia al ataque de insectos y hongos.

5. El bambú es denominado el acero del siglo XXI, ya que sin duda sus características lo hace un material de enorme futuro. Esta planta siempre se ha destacado por su ligereza, flexibilidad y bajo costo. No obstante, tiene algunas debilidades, ya que, sin ser tratado, puede ser poco resistente a huracanes, a la lluvia o al ataque biológico. Sin embargo, en la actualidad la idea en torno al bambú está cambiando y este está siendo utilizado en exitosa relación constructiva con el cemento y el concreto, y también con otros materiales como la madera o el acero galvanizado para minimizar sus deficiencias.
6. La variedad de bambú, que mayormente se utiliza para la construcción en América Latina es la *Guadua*. Actualmente en Guatemala, se da casi en cualquier lugar, especialmente en las áreas de clima cálido-húmedo. Se reproduce rápidamente y es muy económica, características sumamente importantes para que esta especie surja como una solución real y factible para el desarrollo de comunidades y pueblos ecológicos, que puedan apoyarse en el desarrollo sustentable, protegiendo el ambiente, preservando lo que hoy se tiene. Además, su capacidad reproductiva permite que se preserven otros bosques más delicados, al no talarlos para usar su madera como materia prima en la construcción.
7. El mayor consumo de *Guadua* está asociado a la construcción, tanto de carácter permanente como la temporal. Esto se debe a sus asombrosas propiedades de resistencia, liviandad y flexibilidad, al igual que su abundancia. La *Guadua* puede sustituir a la madera en la industria de la construcción al tener una relación resistencia / peso tan alta como las mejores maderas, con la ventaja de ser un recurso natural de rápida renovación.

8. De las 17 variedades de bambú que existen en Guatemala, basado en los diferentes ensayos realizados en estos últimos años, la *Guadua* y la *Áspera* son las que poseen mejores características físicas; la longitud del tallo, la corta distancia entre nudos, el diámetro y el espesor de pared, además de poseer excelentes propiedades mecánicas, hacen de ellas el material ideal para la construcción.
9. Frecuentemente el curado y secado no son suficientes para brindarle durabilidad al bambú, siendo inevitable el tratamiento con productos químicos para prevenir el ataque de insectos y la aparición de hongos. Para inmunizar los tallos de bambú se emplean varios métodos. Algunos de ellos hacen penetrar el preservante, ya que las áreas más vulnerables al ataque de insectos son los extremos y los nudos, debido a la dureza e impermeabilidad de la capa externa del entrenudo.
10. Uno de los métodos de mayor utilización que se emplea para la preservación del bambú y así brindarle una mayor durabilidad, es el método de Inmersión, porque es económico, no se requiere equipo especial, se puede realizar en la obra y no influyen las diferencias de diámetro.
11. La región de clima cálido – húmedo representa el 22 por ciento del país que tienen una vivienda que no es digna y las familias que ni siquiera cuentan con esta, siendo necesario la construcción de viviendas de larga duración; capaces de brindar seguridad y dignificar a las familias afectadas.

12. La relación en estos departamentos entre el total de hogares y los que no cuentan con vivienda digna representan un 51 por ciento, en promedio, lo que indica que más de la mitad de los hogares están destinados cualitativamente. Esta misma relación a nivel país simboliza un 46 por ciento; esto refleja que estos departamentos están por encima del promedio de los hogares afectados de la republica.
13. El déficit cualitativo de vivienda se manifiesta claramente en términos de costos sociales, ya que la falta de agua entubada apta para consumo humano y el saneamiento ambiental representan un alto costo monetario, y lo que se obtiene es agua de mala calidad, en forma esporádica, predial o llena cántaros. Lo anterior tiene como consecuencia altos gastos en medicamentos para tratar enfermedades gastrointestinales generadas por la falta de servicios básicos de saneamiento (agua entubada apta para consumo humano y la correcta disposición de las excretas y las aguas grises).
14. La funcionalidad del bambú se ve reflejada en su bajo costo, rapidez de construcción y sobre todo su eficacia para contrarrestar sismos, debido a su poco peso; y si llegara a colapsarse su índice de mortalidad es considerablemente bajo comparado con una vivienda elaborada con block y concreto armado. Además, por sus propias características de ser livianas y resistentes, las estructuras de bambú no demandan de trabajos grandes que obliguen a usar cimentaciones de alto volumen.

RECOMENDACIONES

1. Es importante la construcción de este tipo de vivienda para contrarrestar con mayor efectividad el déficit habitacional, ya que como anteriormente se demostró, está por debajo en costos de una vivienda tradicional en un 18 por ciento, lo que permitirá reducir mayormente esta problemática.
2. Reducir costos a la vivienda, haciendo negociaciones con los proveedores de materiales para la construcción en serie de estas, ya que los precios utilizados son el promedio de ferretería sin negociarse.
3. Obtener un bambú de calidad, el cual debe cortarse en su óptima humedad, para poder obtener las mejores condiciones tanto físicas como mecánicas y además influir favorablemente en la resistencia al ataque de insectos y hongos.
4. Tomar en cuenta que frecuentemente el curado y secado no son suficientes para asegurar una larga vida al bambú, siendo necesario el tratamiento con productos químicos para prevenir el ataque de insectos y la aparición de hongos.
5. Al utilizar el método de inmersión para la preservación del bambú, es necesario que previo a iniciar el tratamiento, el bambú se encuentre seco; debe tener un contenido de humedad por debajo del 20 por ciento.

6. Para realizar el corte de los tallos de bambú en las macollas, se recomienda conocer las fases de desarrollo de la planta, además de tener claro el uso que se le va a dar. Es importante mencionar que, según estudios, es considerable la influencia de la luna en el corte del bambú, bajo las mismas condiciones, encuentra que la cantidad de insectos presentes en los tallos del bambú cortados durante la luna tierna, es dos veces mayor que la encontrada en los tallos que se cortaron en la fase lunar de cuarto menguante.
7. Inmediatamente después de que los tallos de bambú se cortan, deben someterse a un tratamiento de curado con el fin de hacerlos menos propensos al ataque de agentes xilófagos, que son atraídos por la concentración de almidón o la glucosa que contiene la savia en los tallos de bambú. Se puede reducir el ataque de estos, expulsando la savia o la reducción de almidón lo cual puede hacerse mediante un curado apropiado.
8. No se recomienda el empleo de cañas de bambú, como refuerzo de elementos de concreto sujetos a flexión, si han sido cortadas en primavera o comienzos del verano. Solamente aquellas cañas que cuentan una pronunciada coloración oscura podrán ser seleccionadas en la plantación que se utilizará como materia prima.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación de Amigos del País. *Historia general de Guatemala*. Guatemala: 1999, 369 p. ISBN 84-88522-07-4.
2. Biodiversidad de Guatemala. [en línea]: <http://es.scribd.com/doc/16745477/Biodiversidad-de-Guatemala>. [Consulta: 18 de mayo de 2013].
3. CASTRO ORDÓÑEZ, Roberto José. *Guía para la construcción de casas económicas con bambú*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad Rafael Landivar, Facultad de Ingeniería, 2004. 215 p.
4. Empresa asesora y consultora en gestión y planificación municipal en Guatemala [en línea]. http://gestionterritorialmunicipal.blogspot.com/2011/05/Guatemala-con-altos-indices-de-deficit_11.html. [Consulta: 18 de mayo de 2013].
5. Guatemala. Congreso de la República de Guatemala. *Ley de Vivienda y Asentamientos Humanos*, Decreto 120-96. 12 p.
6. Instituto Nacional de Estadística. Censo de población y habitación 2002. Guatemala: INE, 2002.

7. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Zonas climáticas de Guatemala* [en línea]. [http://www.insivumeh.gob. gt/ meteorología / zonas % 20 climaticas.html](http://www.insivumeh.gob.gt/meteorología/zonas%20climaticas.html). [Consulta: 13 de julio de 2012].
8. IXCOLÍN OROXOM, Carlos Armando. *Estado actual del bambú como material de construcción en Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 167 p.
9. Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda con base en INE. XI Censo de Población y VI Censo de Habitación 2002. Guatemala MICIVI e INE, 2002. 113 p.
10. *Mi Jutiapa*. [en línea]. www.mijutiapa.com. [Consulta: 5 de mayo de 2013].
11. Revista Ecohabitar [en línea]. España. Abel Castillo, Universidad O&M en Rep. Dom. Ref.: [http://www. ecohabitar.org /el -bambu- como- material -de- construcción /](http://www.ecohabitar.org/el-bambu-como-material-de-construcción/). [Consulta: mayo de 2013].
12. Somos Guatemala [en línea]. [http://www.somosguatemala.com/ departamentos/santa-rosa/](http://www.somosguatemala.com/departamentos/santa-rosa/). [Consulta: 5 de mayo de 2013].
13. URRUTIA REVILLA, Juan Francisco. *Propiedades físico mecánicas del bambú*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1983. 148 p.

14. VELASCO, Omar; SOLO TOBA, María. *La problemática habitacional, el desarrollo comunitario y la exclusión financiera en Guatemala*. Trabajo de graduación de Contador Público y Auditor. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2008. 198 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Otras obras constructivas en Guatemala**

Puente peatonal elaborado con bambú – finca de embajada Taiwán



Cafetería elaborada con bambú – finca de embajada de Taiwán



Continuación del apéndice 1.

Módulo de baños de bambú – finca de embajada Taiwán



Salón de eventos de bambú – finca de embajada Taiwán



Continuación del apéndice 1.



Fuente: Centro de Investigaciones de ICTA en Cuyuta, Masagua, Escuintla.

Apéndice 2. Presupuesto desglosado de materiales

Presupuesto – techo o cubierta de lámina

Techo de lamina					
Código	Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Bambú de 3" de 6m	u	3,0	Q. 21,67	Q. 65,00
2	Bambú de 3" de 3m	u	6,0	Q. 10,83	Q. 65,00
3	Bambú de 3" de 0,5m	u	15,0	Q. 1,81	Q. 27,08
4	Bambú de 2" de 6,50m	u	8,0	Q. 18,06	Q. 144,44
5	Regla de madera de 1" x 2" (6m)	U	8,00	Q. 30,00	Q. 240,00
6	Lamina zinc de calibre 28 de 11pies	U	18,00	Q. 90,00	Q. 1 620,00
7	Alambre galvanizado no, 14	lb	2,55	Q. 7,00	Q. 17,85
8	Tornillos polser punta broca de 4"	U	84,00	Q. 0,45	Q. 37,80
9	Tornillos de lamina de 2 1/2"	U	80,00	Q. 0,40	Q. 32,00
10	Cedazo	M2	2,5200	Q. 15,00	Q. 37,80
Precio total - techo de lámina					Q. 2 286,98

Presupuesto - sistema de agua potable

Sistema de agua potable					
Código	Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Tube PVC de 1/2"	U	2,33	Q. 24,00	Q. 56,00
2	Codos PVC de 1/2" de 90º	U	12,00	Q. 1,25	Q. 15,00
3	Tee PVC 1/2"	U	2,00	Q. 1,50	Q. 3,00
4	Reducidor de PVC 1/2" a 1/4"	U	2,00	Q. 2,00	Q. 4,00
5	Adaptador macho de PVC de 1/2"	U	3,00	Q. 1,25	Q. 3,75
6	Adaptador hembra de PVC de 1/2"	U	1,00	Q. 1,60	Q. 1,60
7	Ducha metálica	U	1,00	Q. 22,00	Q. 22,00
8	Chorros de 1/2"	U	4,00	Q. 35,00	Q. 140,00
9	Llave de paso de 1/2"	U	1,00	Q. 22,00	Q. 22,00
10	Válvula de cheque de 1/2"	U	1,00	Q. 65,00	Q. 65,00
11	Válvula de paso de 1/2"	U	1,00	Q. 65,00	Q. 65,00
12	Teflón	U	1,00	Q. 5,00	Q. 5,00
13	Pegamento (1/16 galón)	U	1,00	Q. 30,00	Q. 30,00
14	Lija	U	1,00	Q. 5,50	Q. 5,50
15	Thiner	U	0,25	Q. 65,00	Q. 16,25
16	Wipe	U	1,00	Q. 10,00	Q. 10,00
Precio total - sistema de agua potable					Q. 464,10

Continuación del apéndice 2.

Presupuesto – sistema de drenaje

Sistema de drenaje						
Código	Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total	
1	Cemento	Sacos	0,38	Q. 72,00	Q.	27,00
2	Arena de río	m3	0,04	Q. 105,00	Q.	3,68
3	Piedrín triturado de 1/2"	m3	0,03	Q. 190,00	Q.	5,70
4	Varillas acero no.2 legítimo	U	0,50	Q. 10,50	Q.	5,25
5	Varillas acero no.3 legítimo	U	2,00	Q. 31,00	Q.	62,00
6	Alambre de amarre	Libras	0,05	Q. 5,50	Q.	0,28
7	Block de 9"	U	12,00	Q. 2,25	Q.	27,00
8	Pegamento (1/16 galón)	U	1,00	Q. 30,00	Q.	30,00
9	Tubo de PVC 2" (2 metros) de 100 psi	U	1	Q. 13,33	Q.	13,33
10	Tubo de PVC 3" de 100 psi	U	1,5	Q. 75,00	Q.	112,50
11	Codo 90° de 2"	U	7	Q. 7,00	Q.	49,00
12	Reducidor de 2" a 1 1/2"	U	1	Q. 5,50	Q.	5,50
13	Tee de 3"	U	1	Q. 12,25	Q.	12,25
14	Codo 90° de 3"	U	2	Q. 13,65	Q.	27,30
14	Reposadera de aluminio de 2*2 pulgadas	U	1	Q. 19,85	Q.	19,85
15	Reducidor ° 3" - 2"	U	1	Q. 6,25	Q.	6,25
Precio total - sistema de drenaje						Q. 406,88

Presupuesto - acabados generales

Acabados generales						
Código	Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total	
1	Cemento	Sacos	20	Q. 72,00	Q.	1 428,84
2	Arena de río	M3	1,90	Q. 105,00	Q.	199,44
3	Piedrín triturado de 1/2"	M3	1,70	Q. 190,00	Q.	323,19
4	Inodoro	U	1	Q. 375,00	Q.	375,00
5	Lavamanos	U	1	Q. 175,00	Q.	175,00
6	Ducha	U	1	Q. 35,00	Q.	35,00
7	Pila	U	1	Q. 225,00	Q.	225,00
8	Puerta de 90cm	U	1	Q. 625,00	Q.	625,00
9	Puerta de 80cm	U	2	Q. 600,00	Q.	1 200,00
10	Puerta de 75cm	U	2	Q. 575,00	Q.	1 150,00
11	Ventana de 95cm x 95cm	u	3	Q. 300,00	Q.	900,00
12	Ventana de 60cm x 60cm	u	1	Q. 200,00	Q.	200,00
13	Regla de madera de 2" x 1" (largo 1m)	u	12	Q. 5,00	Q.	60,00
Precio total - acabados generales						Q. 6 896,47

Continuación del apéndice 2.

Presupuesto – sistema eléctrico (fuerza e iluminación)

Presupuesto - Sistema eléctrico (Fuerza e Iluminación)						
Código	Material	Unidad	Cantidad	Precio unitario		Precio total
1	Flip on 20amp, De 110v	Sacos	1	Q.	19,45	Q. 19,45
2	Tablero de flip-ones (para 2 flip-ones)	m ³	1,00	Q.	70,00	Q. 70,00
3	Cable no, 12	m ³	65,00	Q.	2,76	Q. 179,40
4	Ducto 1/2"	U	12	Q.	5,75	Q. 69,00
5	Vueltas	U	11	Q.	0,85	Q. 9,35
6	Tomas 110v	U	6	Q.	13,38	Q. 80,28
7	Cajas rectangulares	U	13	Q.	1,54	Q. 20,02
8	Cajas octogonales	U	6	Q.	1,81	Q. 10,86
9	Plafoneras	U	6	Q.	4,30	Q. 25,80
10	Interruptores simples	U	4	Q.	13,74	Q. 54,96
11	Tubo para acometida 1 1/4" (2m)	U	1	Q.	61,10	Q. 61,10
12	Foco incandescente de 75 watts	u	6	Q.	4,50	Q. 27,00
13	Gancho para acometida 1 1/4"	u	1	Q.	1,30	Q. 1,30
14	Abrazadera metálica de 1 1/4"	u	5	Q.	0,60	Q. 3,00
15	Abrazadera metálica de 1/2"	u	20	Q.	0,15	Q. 3,00
16	Tornillo para abrazadera	u	25	Q.	0,40	Q. 10,00
17	Cinta de aislar	u	1	Q.	6,26	Q. 6,26
18	Caja socket	u	1	Q.	88,11	Q. 88,11
19	Varilla de cobre 5/8 8pies (2,45m)	u	1	Q.	41,58	Q. 41,58
20	Mordaza p/ varilla 5/8"	u	1	Q.	6,97	Q. 6,97
Precio total - sistema eléctrico						Q. 787,44

Precio total – mano de obra

Presupuesto de mano de obra		
Estructural	Q.	475,00
Techos	Q.	665,00
Muros y sus acabados	Q.	793,75
Sistema de agua potable	Q.	100,00
Sistema de drenaje	Q.	300,00
Acabados generales	Q.	473,00
Sistema eléctrico - Iluminación	Q.	150,00
Sistema eléctrico - Fuerza	Q.	150,00
	Q.	3 106,75

Continuación del apéndice 2.

Precio total – vivienda propuesta		
Renglones generales		
Estructural	Q.	915,28
Techos	Q.	2 286,98
Muros y sus acabados	Q.	2 502,80
Sistema de agua potable	Q.	464,10
Sistema de drenaje	Q.	406,88
Acabados generales	Q.	6 896,47
Sistema eléctrico - Iluminación + fuerza	Q.	787,44
Mano de obra	Q.	3 106,75
	Q.	17 366,71

Fuente: elaboración propia.