



ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO
MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE
VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA
GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES ”**

PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

ELABORADO POR:

CAPT. DE E. JORGE ENRIQUE TANDAZO REGALADO

SR. GUSTAVO DAVID FLORES DIAZ

SANGOLQUÍ, OCTUBRE DE 2012

RESUMEN

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La Guadua en muchas culturas se ha utilizado para la supervivencia cultural ya que han encontrado en ésta la fuerza y el desarrollo garantizado de una vida más duradera y más agradable; se han realizado trabajos tales como canalización de aguas, construcción de chozas o viviendas, amarres, etc., de igual manera para la sostenibilidad de los pueblos en su cultivo ya que esta ayuda a la retención de aguas como a fertilizar la tierra, adicionando que ayuda a mejorar el aire más que otras plantas del mundo silvicultural y su gran beneficio de crecimiento rápido con madurez desde los 4 años de su cultivo. La guadua o bambú crece 13 centímetros diarios y la mejor calidad de guadua se produce entre los 1200 y 1700 metros sobre el nivel del mar.

La enorme capacidad de la guadua para soportar alto esfuerzo de compresión, flexión y tracción, y por sus demás cualidades físicas, la hacen óptima para remplazar estructuras de metal y de maderas en vías de extinción.

El aprovechamiento industrializado conlleva productos como: parquet, tableros y vigas laminadas, con los cuales el constructor puede cumplir con más facilidad sus propósitos de producción especializada.

En el Ecuador, la construcción de edificaciones con caña guadua se ha visto afectada negativamente por la desconfianza de los usuarios en materiales no convencionales, diferentes del hormigón, en este caso la caña guadua. Y por parte de la comunidad de profesionales, el principal problema es, la escasez de

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

conocimientos técnicos, falta de infraestructura de producción, desconocimiento del control de calidad en la materia prima, ausencia en el país de normas.

Todo esto, a pesar de que en los países vecinos, como Colombia, ya se explota este material, con lo que se han creado alternativas en construcción. En nuestro país, el mayor uso que se le da a la caña guadua es apenas ornamental y para su uso en vivienda marginal.

Este proyecto trata de dar un punto de vista sobre la situación de la guadua en el Ecuador y trata de sentar las bases para su futuro uso con el estudio de su proceso para su industrialización y en base a esto su empleo en la construcción.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ABSTRACT

The Guadua in many cultures has been used for cultural survival as that found in this strength and guaranteed a life more pleasant and more lasting development; They have been works such as channeling of waters, construction of huts or houses, moorings, etc., in the same way for the sustainability of peoples in their culture that this helps the retention of water and fertilize the land, adding that he helps improve the air rather than other plants of silvicultural worldwide and its great benefit of rapid growth with maturity from the 4 years of its cultivation. The guadua or bamboo grows 13 centimeters per day and the best quality of guadua occurs between 1200 and 1700 meters above sea level.

The enormous capacity of the guadua to withstand high effort of compression, bending and traction, and by their other physical features, make optimal to replace structures, metal and wood in verge of extinction.

The industrialized exploitation carries products as: parquet flooring, panels and glulam, with which the Builder can meet more easily its specialized production purposes.

In the Ecuador, the construction of buildings with cane guadua has been negatively affected by the mistrust of users in non-conventional materials different from the concrete, in this case the cane guadua. And by the professional

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

community, the main problem is the shortage of expertise, lack of production facilities, lack of quality control in the raw, absence in the country of standards.

All this, in spite of that in neighboring countries, such as Colombia, already is exploited this material, which have been created alternative in construction. In our country, the greater use that gives the cane guadua is just an ornamental and for use in marginal housing.

This project seeks to give the Ecuador a point of view on the situation of the guadua and trafficking in laying the foundations for its future use with the study of its process for its industrialization, and on this basis its employment in construction.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

CERTIFICADO

ING. MARIO ARIAS

ING. ERNESTO PRO

CERTIFICAN

Que el trabajo *titulado "PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES"* realizado por el Sr. CAPT. de E. Jorge Tandazo Regalado y el Sr. Gustavo Flores Díaz, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Sangolquí, octubre de 2012

Ing. Mario Arias

DIRECTOR

Ing. Ernesto Pro

CODIRECTOR

REVISADO POR

Ing. Jorge Zúñiga

Director de la Carrera de Ingeniería Civil

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

AUTORIZACIÓN

Nosotros, CAPT. de E. Jorge Tandazo Regalado y Gustavo Flores Díaz

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del *trabajo* “*PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES*”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, octubre del 2012

Jorge Tandazo Regalado

Gustavo Flores Díaz

DEDICATORIA

Con ferviente amor, dedico primeramente esta tesis a mi esposa y mis hijos, por todos los sacrificios que hicieron por mí durante los periodos de estudio de mi carrera. Los amo con todo mi ser.

A mi madre, por estar siempre junto a mi con sus oraciones y buenos deseos, por su confianza ciega en mi y por su sueño de mi futuro.

A mi padre, mi ejemplo de lo que quiero ser, figura que me acompañó siempre y más en los momentos de flaqueza con su consejo oportuno.

A mis hermanos, como una demostración de que siempre se debe ir hacia adelante.

Y muy especialmente a mi abuelito Telmo: *Mi CORONEL, lo logré... espero que desde el cielo me acompañes y me guíes así como lo hiciste en vida. Este título es por ti...*

CAPT. de E. Jorge Tandazo Regalado

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis queridos Padres Gustavo y Consuelito, por apoyarme en cada etapa de mi vida, por enseñarme que con esfuerzo y dedicación puedo lograr alcanzar todos los objetivos que me proponga, por esos valiosos consejos, por aquellas palabras de motivación en los momentos difíciles, por inculcarme en mi el significado de la responsabilidad y la humildad, los amo con todo mi corazón, muchas gracias queridos papitos.

Thomas por la confianza, la amistad y el apoyo que me has brindado, ya que tú eres mi fuente de lucha, para que veas en tu hermano un ejemplo a seguir.

A mis queridas abuelitas Hipatia y Clemencia, quien me inspiraron con el don de la honestidad y de la sencillez, gracias por darme lo necesario y consentirme las quiero.

Gustavo David Flores Díaz

AGRADECIMIENTOS

Le doy gracias a Dios y a mis padres por haberme dado la vida y las herramientas necesarias para triunfar.

Agradezco a mis Director y Codirector de Tesis, Ing. Mario Arias e Ing. Ernesto Pro, por brindarme su tiempo y paciencia; además por orientarme con sus conocimientos y experiencia, lo cual contribuyó al éxito en el desarrollo y culminación del presente proyecto.

A mi Ejercito Ecuatoriano, por darme la oportunidad de mejorar como soldado cuando depositó en mi su confianza al permitirme estudiar en esta prestigiosa Universidad.

A mi amigo del alma, Gustavo, por el esfuerzo derrochado y la paciencia demostrada hacia mi, así como a su amistad irrestricta.

CAPT. de E. Jorge Tandazo Regalado

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por bendecirme en cada paso que doy, y darme la oportunidad de culminar mi carrera universitaria, a mis Padres y abuelitas por ese apoyo incondicional que han puesto en mí para esta superación académica.

Al Ing. Mario Arias, que con su experiencia y conocimientos han sabido guiarme a lo largo de la realización de este proyecto, de igual manera al Ing. Ernesto Pro, por el esfuerzo y tiempo dedicado en el transcurso del desarrollo del proyecto de tesis.

A mi compañero y amigo Jorge con quien compartí todo este tiempo para llevar a cabo nuestras metas

Gustavo David Flores Diaz

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I

generalidades de la caña guadua

1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.1.1. Antecedentes.....	1
1.1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.1.3. Área de Influencia	4
1.1.4. Objetivo General del Proyecto.....	5
1.2. GENERALIDADES	6
1.2.1. Definición.....	6
1.2.2. Morfología.....	9
1.2.3. Zona de Producción	10
1.2.4. Etapas de Corte	17
1.2.4.1. La Observación de la Luna	18
1.2.4.2. La Hora de Corte	20
1.2.4.3. El Nivel de la Marea	21
1.2.4.4. La Estación o Época de Año	23

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

CAPÍTULO II

PROPIEDADES FÍSICAS, MECÁNICAS Y ESFUERZOS ADMISIBLES

2.1. ANTECEDENTES	25
2.2. CAMBIOS ESTRUCTURALES EN LOS ESTADOS DE MADUREZ	32
2.3. CONTENIDO DE HUMEDAD	39
2.4. MASA POR VOLUMEN	43
2.5. TRACCIÓN	46
2.6. COMPRESIÓN	53
2.7. FLEXIÓN	59
2.8. ESFUERZOS ADMISIBLES	71

CAPÍTULO III

PRODUCTOS DERIVADOS DE LA GUADUA APLICABLE EN CONSTRUCCIÓN

3.1. ANTECEDENTES	82
3.2. LÍNEA DE PRODUCTOS PARA ACABADOS	87
3.3. APLICACIONES DE LA CAÑA GUADUA	89
3.4. PRODUCTOS DE GUADUA	91

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

3.4.1	Proceso Actual	95
3.5.	LÍNEA DE PRODUCTOS ESTRUCTURALES	100
3.6.	EXPERIENCIA DE PRODUCTOS DE BAMBÚ EN EL ECUADOR	102

CAPÍTULO IV

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA GUADUA

4.1.	ANTECEDENTE	104
4.2.	PLAN DE MANEJO TÉCNICO DE LA PLANTACIÓN	108
4.2.1	Ciclo Vegetativo	108
4.2.2	Turno	108
4.2.3	Tiempo de Pausa o de Paso	108
4.2.4	Ciclo de Corte	110
4.2.5	Posibilidad	110
4.2.6	Aprovechamiento	110
4.3.	TÉCNICAS DE APROVECHAMIENTO	112
4.4.	CURADO DE LA GUADUA	114
4.4.1	Proceso de Preservado	115
4.4.1.1.	Preservación por Inmersión en Agua	118

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

4.4.1.2.	Preservación Mediante Humo	.....120
4.4.1.3.	Preservación Mediante Recubrimiento	.....124
4.4.1.4.	Preservación Método Boucherie	.....124
4.4.1.5.	Preservación Método Boucherie Modificado	.....127
4.4.2	Proceso de Secado.	.....132
4.4.2.1.	Secado al Calor	.....132
4.4.2.2.	Secado al Aire	.....133
4.4.2.3.	Curado en la Mata	.....135
4.4.2.4.	En Pentaclorofenol	.....137
4.4.2.5.	En Creosota	.....137
4.4.2.6.	Micro-ondas	.....138
4.4.3	Defectos de Secado	.....138
4.4.3.1.	Agritamiento y Rajaduras	.....138
4.4.3.2.	Prevención del Agrietamiento	.....140
4.4.3.3.	Prevención y Remoción de las Torceduras	.....146
4.4.3.4.	Amenazas a la Madera	.....147
4.4.3.5.	Manchas Químicas	.....155
4.4.3.6.	La Degradación Química	.....155

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

CAPÍTULO V

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

5.1. ANTECEDENTES	157
5.2. ESTADOS DE CARGA	163
5.2.1. Materiales y Modelos físicos	163
5.2.1.1 Materiales	163
5.2.1.2 Topología del pórtico	164
5.2.2. Especímenes ensayados	167
5.2.2.1 Paneles prefabricados	167
5.2.2.2 Sistema Panel – Pórticos	168
5.2.3. Montaje e instrumentacion del ensayo	168
5.2.3.1 Paneles.....	168
5.2.3.2 Pórticos	169
5.2.4. Anclaje sistema Panel - Pórtico	170
5.2.4.1 Paneles	170
5.2.4.2 Zapatas de Pórtico	171
5.2.5. Ensayos de laboratorio	172
5.3. Modelación numerica	173
5.3.1. Resultados	181

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

5.3.1.1 Paneles	181
5.3.1.2 Viga que divide a la carga en dos puntos	191
5.4. VIVIENDA TIPO DE DOS PLANTAS, SISTEMA CONSTRUCTIVO EN GUADUA	193
5.4.1. Descripción	193
5.4.1.1 Fachadas	196
5.4.1.2 Instalaciones eléctricas	200
5.4.1.3 Losa entre piso	202
5.4.1.4 Planta de cubierta	207
5.4.1.5 Planta de cimentación	211
5.5. DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN GUADUA PARA LA VIVIENDA TIPO PROPUESTA, ATENDIENDO A NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN UNIVERSALMENTE ACEPTADAS	214
5.5.1. Cálculo Hidraulico de casa unifamiliar de dos plantas	214
5.5.2. Análisis estructural	220
5.5.2.1 Evaluación de cargas horizontales	220
5.5.2.2 Evaluación de cargas	223
5.5.2.3 Conclusión del diseño estructural de la guadua	231

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

5.6. DETERMINACIÓN DE COSTOS BASADOS EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN GUADUA PROPUESTO, BAJO EL CONTEXTO LOCAL	245
5.6.1. Presupuesto de construcción para vivienda tipo de dos plantas, sistema constructivo en guadua	245
5.7. MODELO DE VIVIENDA TIPO DE DOS PLANTAS, EN SISTEMA CONSTRUCTIVO BASADO EN MUROS CONFINADOS	248
5.7.1. Descripción	248
5.7.2. Presupuesto de construcción para viviendas unifamiliares de dos plantas, sistema de construcción muros confinados	250
5.8. COMPARACION DE COSTOS Y TÉCNICA DE CONSTRUCCION, LA ALTERNATIVA GUADUA, VERSUS OTROS SISTEMAS DE CONSTRUCCION CONVENCIONALES “MUROS CONFINADOS”	253
5.8.1. De acuerdo con los análisis estructurales y presupuestales	253
5.8.2. Ventajas y desventajas del uso de bambú en la construcción	253
5.8.2.1 Las Ventajas	253
5.8.2.2 Las Desventajas	255

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES	257
6.2. ESTADO ACTUAL DEL TEMA GUADUA EN EL ECUADOR	264
6.3. RECOMENDACIONES	268
BIBLIOGRAFÍA	269

ANEXOS

ANEXO A	PLANOS
ANEXO B	CAPITULO 17 NORMA ECUATORIANA CEC -11
ANEXO C	NORMA COLOMBIANA DE COSNTRUCCION CON GUADUA NSR 10

LISTADO DE TABLAS

CAPÍTULO II

Tabla 2. 1 Propiedades de la Guadua Angustifolia (Fuente González, Díaz MEDELLIN 1992).....	28
Tabla 2. 2 Características de las Distintas Formas de la Guadua Angustifolia (Fuente González, Díaz MEDELLIN, 1992)	28
Tabla 2. 3 Resultados de Contenido de Humedad (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	42
Tabla 2. 4 Resultados de Densidad (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	45
Tabla 2. 5 Peso Especifico (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	46
Tabla 2. 6 Resultados de Ensayos de Tracción (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	51
Tabla 2. 7 Resultados de Ensayos de Compresión (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	56
Tabla 2. 8 Cálculo de Módulo de Elasticidad con Deformaciones Unitarias (Fuente Cobos, León ESPE, 2007).....	57
Tabla 2. 9 Resultados de la Probeta #1 (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)....	65
Tabla 2. 10 Resultados de la Probeta #2 (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)...	67
Tabla 2. 11 Resultados de la Probeta #3 (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)...	69
Tabla 2. 12 Resumen de Resultados	71
Tabla 2. 13 Factores de Reducción Considerados.....	78
Tabla 2. 14 Esfuerzo Admisible Guadua A. en Comparación con el Grupo de Maderas (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	81

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Tabla 2. 15 Módulo de Elasticidad en Comparación con el Grupo de Maderas
(Fuente Cobos, León ESPE, 2007) 81

CAPÍTULO III

Tabla 3. 1 Datos Tomados de Varias Tesis de la ESPE 100

CAPÍTULO IV

Tabla 4. 1 Preservantes y Mezclas para el Método Boucherie, Modificado a
Presión (Hidalgo, 1974) 132

CAPÍTULO V

Tabla 5. 1 Comparacion de datos entre investigación colombiana e investigación
ESPE..... 162

Tabla 5. 2 Resultados para la gaudua. 163

Tabla 5. 3 Resultados para la madera 164

Tabla 5. 4 Resultados para el mortero. 166

Tabla 5. 5 Ensayo de laboratorio. 173

Tabla 5. 6 Resultados experimentales en paneles..... 191

Tabla 5. 7 Recomendación de dimensiones mínimas, cantidad de refuerzo,
calidad del acero y del hormigón. 211

Tabla 5. 8 Resultados fuerza horizontal equivalente..... 232

Tabla 5. 9 Elemento comp. (Kg) Tensión (kg) Elemento comp. (Kg) Tensión
(kg).....233

CAPÍTULO VI

Tabla 6. 1 Situacion actual de la guadua en el Ecuador, politicas a futuro.....	268
---	-----

LISTADO DE IMAGINES

CAPÍTULO I

Imagen 1. 1 Guadua Angustifolia.....	9
Imagen 1. 2 Corte Lunar	18
Imagen 1. 3 Hora de Corte	20
Imagen 1.4 En Baja Marea	22
Imagen 1. 5 Epoca Seca.....	23

CAPÍTULO II

Imagen 2. 1 Partes de una Guadua(Fuente UTP Ecuador 2004).....	29
Imagen 2. 2 Edad de la Caña Guadua.....	34
Imagen 2. 3 Guadua Angustifolia Tierna o Verde.....	35
Imagen 2. 4 Guadua Angustifolia Madura	36
Imagen 2. 5 Guadua Angustifolia Seca.....	37
Imagen 2. 6 Lignificación de las Fibras de un Culmo de Guadua (Fuente Cobos, León ESPE 2007).....	38
Imagen 2.7 Contenido de Humedad de los Ensayos (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	43
Imagen 2. 8 Contenido de Densidad de los Ensayos (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	45

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Imagen 2. 9 Máquina Universal para Ensayos a Traccion (Fuente Cobos, León ESPE, 2007).....	48
Imagen 2. 10 Probetas para Ensayos de Tracción (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	49
Imagen 2. 11 Probeta para Tracción en mm (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	49
Imagen 2. 12 Resultados de Ensayos de Tracción en Probetas con Nudos y sin Nudos (Fuente Cobos, León ESPE, 2007).....	52
Imagen 2. 13 Máquina Universal de Compresión (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	53
Imagen 2. 14 Cilindros de Compresión para los Ensayos (Fuente Cobos, León ESPE, 2007).....	54
Imagen 2. 15 Esfuerzo Deformación Unitaria (Fuente Cobos, León ESPE, 2007) ..	58
Imagen 2. 16 Resultados de Esfuerzo en las Probetas (Fuente Cobos, León ESPE, 2007).....	58
Imagen 2. 17 Máquina de Ensayos de Flexión (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	60
Imagen 2. 18 Apoyos Extremos Madera (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)....	61
Imagen 2. 19 Apoyos de Madera con Dimensiones Variables	62
Imagen 2. 20 Viga Carga en dos Puntos (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	62
Imagen 2. 21 Modelo Matemático del Ensayo de Flexión	63
Imagen 2. 22 Grafico de Esfuerzo Deformación de la Probeta #1(Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	66
Imagen 2. 23 Grafico de Esfuerzo Deformación de la Probeta #2(Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	68
Imagen 2. 24 Grafico de Esfuerzo Deformación de la Probeta #3(Fuente Cobos, León ESPE, 2007)	70

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Imagen 2. 25 Esfuerzo Ultimo Menor en Probetas de Latimma (Fuente Cobos, León ESPE, 2007) 72

Imagen 2. 26 Frecuencia Acumulada de Esfuerzo Ultimo a Compresión (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)..... 76

Imagen 2. 27 Corte Paralelo a la Fibra en el Menor lado (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)..... 78

Imagen 2. 28 Esfuerzo Flector Máximo (Fuente Cobos, León ESPE, 2007) 80

CAPÍTULO III

Imagen 3. 1 Pisos Laminados de Guadua (Fuente Morales, ESPOL, 2010) 90

Imagen 3. 2 HDF Engineered Strand Flooring TZHDF (Morales, ESPOL, 2010) 91

Imagen 3. 3 Natural Horizontal Engineered Click NHED (Morales, ESPOL, 2010) .. 91

Imagen 3. 4 Lista de Materiales-Producción de Derivados de la Guadua (Morales, ESPOL, 2010)..... 93

Imagen 3. 5 Lista de Herramientas y Equipos para Producción Derivados de Guadua (Morales, ESPOL, 2010) 94

Imagen 3. 6 Entradas y Salidas del Proceso Actual (Morales, ESPOL, 2010) ... 97

Imagen 3. 7 Diagrama de Flujo del Proceso Actual (Morales, ESPOL, 2010) 99

CAPÍTULO IV

Imagen 4. 1 Presevación popr Inmersión en Agua..... 119

Imagen 4. 2 Perforación con Brocas o Varillas 10 / 12mm..... 121

Imagen 4. 3 Preservación Mediante Humo 122

Imagen 4. 4 Pasos de la Preservacion Mediante Humo..... 123

Imagen 4. 5 Método Boucherle 125

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Imagen 4. 6 Método Boucherle por Gavedad y por Presión.....	126
Imagen 4. 7 Método Boucherle Modificado (por Presión).....	127
Imagen 4. 8 Inyección Bajo Presión.....	128
Imagen 4. 9 Boucherle Modificado equipo Requerido (Janssen 2000).....	129
Imagen 4. 10 La Savia Sale por la Parte mas Baja del Culmo (Jerssen, 2000)	130
Imagen 4. 11 Líquido Preservante se lo Recolecta para ser Reciclado (Jerssen, 200)	131
Imagen 4. 12 Secado al Calor.....	133
Imagen 4. 13 Secado al Aire.....	134
Imagen 4. 14 Pasos de Curado en la Mata	135
Imagen 4. 15 Curado en la Mata.....	136
Imagen 4. 16 Tipos de Torceduras	145
Imagen 4. 17 Plagas que Afectan al Cultivo de la Caña Guadua	147
Imagen 4. 18 Hongos de la Caña Guadua.....	148
Imagen 4. 19 Hongos de la Pudrición	149
Imagen 4. 20 Hongos de la Mancha Azul	153
Imagen 4. 21 Daño de las termitas a la Caña Guadua.....	154

CAPÍTULO V

Imagen 5. 1 Topología del Pórtico	167
Imagen 5. 2 Estructura interna del panel tipo.....	168
Imagen 5. 3 Montaje de los paneles	169
Imagen 5. 4 Instrumentacion en paneles	170
Imagen 5. 5 Instrumentacion en pórticos	171
Imagen 5. 6 Muro corrido.....	172
Imagen 5. 7 Zapata pórtico	173

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Imagen 5. 8 Modelo	174
Imagen 5. 9 Definición del material.....	175
Imagen 5. 10 Propiedades del material.....	175
Imagen 5. 11 Asignación de seccion paneles	176
Imagen 5. 12 Definición espesor de la caña	177
Imagen 5. 13 Determinación de cargas	177
Imagen 5. 14 Definición de cargas.....	178
Imagen 5. 15 Definición de combinaciones de cargas	179
Imagen 5. 16 Determinacion de las combinaciones de cargas.....	179
Imagen 5. 17 Modelo del panel sin recubrimiento	180
Imagen 5. 18 Modelo de panel de tiras	181
Imagen 5. 19 Modelo de panel en bahereque.....	182
Imagen 5. 20 Modelo de portico sin paneles.....	183
Imagen 5. 21 Modelo 1 de pórtico con paneles en bahereque encementado...	184
Imagen 5. 22 Modelo 2 de pórtico con paneles en bahereque encementado...	185
Imagen 5. 23 Modelo 1 de pórtico con paneles en tiras de guadua	186
Imagen 5. 24 Modelo 2 de pórtico con paneles en tiras de guadua	187
Imagen 5. 25 Corrida del modelo.....	188
Imagen 5. 26 Corrida del modelo.....	189
Imagen 5. 27 Corrida del modelo.....	190
Imagen 5. 28 Planta de primer piso	194
Imagen 5. 29 Planta de segundo piso.....	195
Imagen 5. 30 Planta entrepiso	204
Imagen 5. 31 Cortes y detalles	205
Imagen 5. 32 Detalle apoyo paneles vigas de entrepiso	206

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Imagen 5. 33 Estructura de cubierta	210
Imagen 5. 34 Detalle de la viga de cimentación.....	212
Imagen 5. 35 Planta de cimentación	213
Imagen 5. 36 Instalaciones sanitarias	216
Imagen 5. 37 Instalacion red de agua potable	219
Imagen 5. 38 Planta primer piso (Sistema tradicional)	248
Imagen 5. 39 Planta segundo piso (Sistema tradicional).....	249

CAPITULO I

GENERALIDADES

5.1.1 INTRODUCCION

1.1.1 Antecedentes

La contaminación ambiental está llegando a tales extremos en el mundo y en el Ecuador, que el ser humano parece estar empeñado en destruir el ambiente donde vive, en una actitud suicida; pero mientras que en otros países se están tomando medidas muy serias para prevenir y controlar la contaminación, en el nuestro sólo existen acciones aisladas.

Para solucionar el problema de la contaminación es de urgente necesidad tomar algunas medidas, entre ellas la optimización de los recursos existentes y alternativas a los modelos tradicionales que empleen innovaciones que nos permitan volver a tener el equilibrio entre las acciones del hombre y la naturaleza.

Dentro de estas innovaciones encontramos al uso de la Caña Guadua, una planta de excepcionales características que nos permitirá entrar a la industria de la construcción como una alternativa a los materiales y sistemas constructivos tradicionales.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El Ecuador, al igual que otros países en Sudamérica, posee Caña Guadua, con una sustancial diferencia, y es que, dadas las condiciones especiales de nuestros suelos, podemos encontrarla en prácticamente todo el territorio nacional.

Sin embargo, el uso de la guadua no es un invento moderno. Ya desde la antigüedad, nuestros antepasados conocieron su uso. Si a esto, le sumamos la tecnología actual, estamos en capacidad de realizar maravillas.

Colombia y Brasil, a nivel Sudamérica, ya han incursionado en su uso. Colombia por ejemplo, ha realizado estudios sobre las propiedades de la guadua que crece en su territorio y en base a estos, ha dictado una Norma para regularizar tanto la producción como su uso en la construcción.

Pero en el Ecuador no nos vamos a quedar atrás. Actualmente se han realizados los estudios sobre nuestra guadua y esperamos contar pronto con una norma en el Código Ecuatoriano de la Construcción, que nos permita emplear masivamente de este recurso.

El objetivo de este proyecto es el desarrollar, en base a los estudios nombrados anteriormente, estructuras sismo resistentes que compitan con las tradicionales de hormigón. Inicialmente, con el diseño de vivienda con fines sociales.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Por las experiencias recogidas de Colombia, la construcción con guadua representa una alternativa económica en el tema de vivienda.

De esta manera estaremos colaborando con la sociedad, no solo al entregarle una opción más de donde escoger, sino una posibilidad más económica y ecológica, que es la tendencia actual.

1.1.2 Planteamiento del Problema

Hoy en día, en el Ecuador, el Gobierno ha dado facilidades para la obtención de créditos para vivienda como nunca antes. Incluso ha creado un subsidio, a manera de un bono, con lo que el mercado actual se ha visto favorecido. Sin embargo, en el país aún los precios de la vivienda son muy altos, y si bien existe vivienda popular, esta no ofrece la calidad necesaria.

Frente a todo esto, hemos visto como en los últimos dos años, catástrofes naturales han azotado a países en todo el mundo, los terremotos en Haití en enero y Chile en febrero del 2010 y el Tsunami en Japón en marzo del 2011, nos han hecho ver el papel fundamental que juega el diseño estructural de edificaciones frente a estos acontecimientos.

Por otro lado, estos desastres naturales también nos han hecho concientizar en el daño que le estamos haciendo al planeta con la contaminación, la explotación indiscriminada de los recursos, etc.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

De esta forma, en la actualidad, la gente desea tener vivienda, pero no cualquier vivienda, sino una que le ofrezca seguridad, basada en que fue construida con los mejores materiales y siguiendo estrictamente las normas, que sea ecológica o que por lo menos no aporte al daño al medio ambiente, y además, que esté al alcance de su bolsillo y sismo resistente.

Todo esto ha provocado que la industria de la construcción y la comunidad de Ingeniería Civil aceleren en sus investigaciones por producir nuevas opciones, que cumplan con estos deseos de los clientes, o en mejorar las actuales, adaptándolas a estos requerimientos.

Pensando en todo esto nace esta iniciativa, ya que, como veremos más adelante, las bondades de la caña guadua nos permitirán satisfacer de la mejor manera todas estas necesidades.

1.1.3 Área de influencia

Como se ha mencionado anteriormente, los beneficiados con este proyecto son varios, como varios son los espacios que hacen parte de este.

Hablamos de la agroindustria, al plantear la necesidad de materia prima (caña guadua); el tema comercial cuando tratamos de la cantidad de productos derivados de la caña guadua; el tema ecológico y principalmente de la construcción.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El principal beneficiario de este proyecto es la colectividad relacionada con la Ingeniería Civil en el Ecuador, y quienes se encargan del desarrollo de proyectos de infraestructura con materiales alternativos, resultarán favorecidos de este proyecto.

Además, al plantear una nueva opción en el tema vivienda, con características propias y cualidades similares a las de los sistemas constructivos tradicionales, se permite de la participación de la comunidad ecuatoriana en general.

1.1.4 Objetivo General del Proyecto

Realizar un análisis estructural de la caña guadua que permita utilizarla como material alternativo en la construcción de vivienda tipo de una y dos plantas.

Objetivos específicos del proyecto

- Analizar las generalidades de la guadua.
- Determinar las propiedades físicas, mecánicas y esfuerzos admisibles de la guadua.
- Determinar los usos que se le puede dar a la guadua en la construcción.
- Determinar el proceso para la industrialización de la guadua.
- Realizar el diseño estructural de vivienda de uno y dos pisos empleando guadua en sus elementos vigas y columnas.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- Realizar un análisis comparativo, tanto estructural como económico, entre el sistema de construcción propuesto, con el tradicional empleado actualmente
- Determinar conclusiones sobre el proyecto realizado.

5.1.2 GENERALIDADES

1.1.5 Definición

El bambú o caña guadua ha sido estudiado en diferentes partes del mundo, como en el Japón, Alemania, Colombia, Puerto Rico y Brasil, entre otros. De todos estos estudios se han obtenido datos con los cuales se han mejorado condiciones de cultivo, propiedades, desarrollo de las especies y su uso, así como su aplicación en diferentes áreas.

Sin embargo, todos estos resultados nos sirven de manera referencial, puesto que su alcance se limita al medio local, debido a que las propiedades tanto físicas como mecánicas de este, dependen directamente de las características medioambientales de cada lugar.

1.1.5.1 Guadua

Taxonómicamente la guadua pertenece a la familia Poaceae, a la subfamilia Bambusoideae, a la tribu Bambuseae, a la subtribu Guaduinæ y al género Guadua.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La Guadua reúne 30 especies que se distribuyen desde San Luis Potosí en México hasta Uruguay y norte de Argentina, exceptuando Chile y las islas del Caribe.

El 45 por ciento de las especies del género son de origen amazónico; la *Guadua weberbaueri* Pilger y la *Guadua sarcocarpa* Londoño & Peterson son las más frecuentes y abundantes en esta cuenca. La *Guadua paniculata* Munro presenta el rango de distribución latitudinal más amplio, desde México hasta Brasil, la *Guadua angustifolia* Kunth el mayor rango de altitud, desde el nivel del mar hasta los 2600 metros.

En Ecuador existen alrededor de 28 especies de bambúes herbáceos y 47 especies de bambúes leñosos distribuidos en 11 y 7 géneros respectivamente. La subtribu Guaduinae que incluye el género *Guadua*, se ubica dentro de estas especies leñosas.

La *guadua* en el Ecuador se puede localizar en toda la Región Oriental, en la Región Costa y en la Región Sierra. La *guadua* encontrada en la Región Costa es la especie mas reconocida, debido a su uso. Sin embargo, las bondades de los suelos ecuatorianos permiten que las propiedades físicas y mecánicas de la *guadua* sean similares no importa la región a la que pertenezca.

Las especies de este género se pueden distinguir de los demás bambúes principalmente por los culmos gruesos, largos y espinosos, por las bandas de pelos blancos en la región del nudo y por las hojas caulinares de forma

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

triangular. Sin embargo, su carácter más fuerte es la presencia de quillas aladas en la palea del flósculo de la espiguilla, la presencia de 3 estigmas plumosos al final del estilo, de 6 estambres, de estomas en ambas superficies de la lámina del follaje y de un número cromosómico $2n = 46$.

La mayoría de las especies del género presentan hábito erecto, sin embargo, especies como la *Guadua glomerata* Munro, *Guadua macrospiculata* Londoño & Clark, *Guadua uncinata* Londoño & Clark y *Guadua ciliata* Londoño & Davidse tienen hábito escandente o trepador. Los culmos de la mayoría de las especies son huecos; sin embargo *Guadua amplexifolia* Presl, *Guadua macrospiculata* y *Guadua glomerata* tienen los culmos sólidos, carácter que las hace potenciales para la industria del mueble o del papel.

Los usos potenciales de las especies de *Guadua* son infinitos; a los anteriores se les suma el uso en la industria del carbón, en la industria artesanal, en la industria farmacéutica, entre otros.

La industrialización de la guadua es un reto que América tiene que asumir en este siglo XXI, para que la guadua se convierta en un verdadero generador de beneficios económicos, sociales y medioambientales en América Latina.

1.1.6 Morfología

1.1.6.1 Guadua Angustifolia



Imagen 1.1 Guadua Angustifolia

Entre todos los bambúes americanos sobresale la especie Guadua angustifolia, una de las 20 mejores del mundo por sus excelentes propiedades físico mecánicas, su gran tamaño y por su comprobada utilización en la industria de la construcción.

Guadua fue descrita por el botánico alemán Karl Sigmund Kunth en 1822, como un género segregado del género asiático Bambusa. Kunth utiliza el vocablo indígena “guadua” que era como las comunidades nativas de Ecuador y Colombia llamaban a este bambú, y designa a Guadua angustifolia como la especie tipo, en donde el epíteto específico significa “hoja angosta”. Luego Munro en 1868 señala una serie de caracteres

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

morfológicos y resalta la distribución geográfica tan distinta de estas dos taxas.

En 1973, McClure reconoce Guadua como un subgénero de Bambusa. Sin embargo, después de estudios morfológicos, anatómicos y moleculares, realizados por Soderstrom & Londoño (1987), Soderstrom & Ellis (1987) y Clark et al. (1995) la Guadua se establece claramente como un género endémico de América.

Guadua angustifolia se encuentra en estado natural en Ecuador, Colombia y Venezuela en donde forma colonias dominantes conocidas como “guadales” concentradas principalmente en la región andina, entre los 0 y 2000 msnm; se observa principalmente a la orilla de los ríos y quebradas, en el piedemonte de la cordillera, en los bosques montanos medio y bajo y en los valles interandinos. Guadua angustifolia ha sido introducida a varios países de Centroamérica y del Caribe, e inclusive al Asia, Norteamérica y Europa.

1.1.7 Zona de Producción

En el Ecuador, los guadales se desarrollan de manera óptima en la región central de los Andes, entre los 500 y 1500 metros, con temperaturas entre 17° y 26° C, precipitaciones de 1200 – 2500 mm/año, humedad relativa del 80 – 90 % y suelos aluviales ricos en cenizas volcánicas, con fertilidad moderada y buen drenaje.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Esta especie reúne dos variedades que hasta el momento se han reportado para el Ecuador: la *Guadua angustifolia* var. *bicolor* Londoño y la *Guadua angustifolia* var. *Nigra* Londoño. De éstas, se reconoce ecotipos o formas que responden a condiciones climáticas y edáficas específicas. Los estudios moleculares hasta el momento han indicado que la diversidad genética en el interior de esta especie no es significativa y que las variaciones observadas parecen estar influenciadas por el eco hábitat, sin embargo, se reveló una alta diversidad molecular al interior del género.

En la Región Costa y Oriente del Ecuador y otros sectores de transición entre estas regiones con la Región Sierra, se ha podido observar una cierta tradición histórica, cultural, económica y de conservación medioambiental. Sin embargo, hasta el momento en el país no se tiene un estimado del área que ocupan los guaduales.

Gracias a sus múltiples bondades, esta especie reúne una serie de ventajas comparativas que la hacen más competitiva, ante otros recursos, para la implementación de sistemas productivos sostenibles.

1.1.7.1 Rápido crecimiento

Comparado con un árbol, los bambúes en general, y la *Guadua angustifolia* en particular, son de rápido crecimiento y de mayor productividad. Generalmente entre los 5 y 6 años la guadua está lista para ser utilizada y, si se maneja adecuadamente, una vez establecida, puede

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ser productiva ilimitadamente. Por lo general, el ciclo de crecimiento de un bambú constituye una tercera parte del ciclo de un árbol de rápido crecimiento, y su productividad por hectárea es dos veces la del árbol. Además, los bambúes emergen del suelo con su diámetro establecido, sin presentar incrementos en el diámetro con el tiempo como sucede con los árboles. El diámetro máximo reportado para *Guadua angustifolia* es de 25 cm y el promedio de 9 a 13 centímetros.

Guadua angustifolia, ha reportado incrementos de altura de 21 cm por día, alcanzando su altura máxima (15 – 30 m) en los primeros 6 meses, y su madurez entre los 5 y 6 años. Éste crecimiento difícilmente es superado por especies nativas maderables de la región. La composición ideal de culmos en un gradual se ha estimado en 10% renuevos, 30% jóvenes, 60% maduros y sobre maduros, y sin culmos secos, con una densidad de 3000 a 8000 culmos por hectárea, presentándose una relación inversa entre densidad y diámetro promedio. La productividad por hectárea de esta especie es de 1200 – 1350 culmos/ ha/ año.

La *Guadua angustifolia* es una alternativa real como sustituto de la madera y, al igual que de otros bambúes, de ella se podría obtener industrialmente todo tipo de madera laminada y aglomerada (columnas, vigas, viguetas, cuarterones, tablas, paneles, etc.).

Solamente con planes de reforestación por parte de las instituciones del Estado y con la credibilidad de los agricultores en éste bambú, se puede llegar a hacer de él una alternativa económica.

1.1.7.2 Floración

El fenómeno de la floración en los bambúes ha cautivado la imaginación de todas aquellas personas interesadas en esta planta y en la ecología evolutiva de las poblaciones vegetales.

Aún está sin descifrar cómo funciona el mecanismo del tiempo y a nivel molecular que controla la floración de los bambúes. Las floraciones pueden ser gregarias, esporádicas y continuas. Las gregarias son aquellas que ocurren a intervalos regulares y, generalmente, una vez en el tiempo de vida de la planta. Este tipo de floración por lo general está seguido de la muerte masiva de los individuos, poblaciones o especies, y presenta ciclos de floración que pueden variar, de especie a especie, entre 2 y 100 años. La gran mayoría de los bambúes leñosos que presentan este tipo de floración mueren después de florecer.

Las floraciones esporádicas son aquellas que ocurren en intervalos irregulares, con o sin la muerte de la planta. La *Guadua angustifolia* presenta este tipo de floración con la particularidad de que no muere después de florecer y florece cada año generalmente asociada a fuertes veranos. En plantaciones con floraciones gregarias hay que estar renovando el cultivo después de cada floración, mientras que en las

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

plantaciones de Guadua angustifolia la sostenibilidad en el tiempo es perenne.

1.1.7.3 Calidad de Fibra

La Guadua angustifolia tiene fibras naturales muy fuertes que la colocan entre las 20 mejores especies de bambúes del mundo. Está demostrado que con ella se pueden desarrollar productos industrializados tales como paneles (aglomerados, laminados, pisos), viviendas y artesanías.

Es importante señalar que con el uso de la guadua en estos procesos industriales, se reduciría significativamente el impacto sobre los bosques nativos, ya que la guadua pasa a ser un sustituto de la madera, disminuyendo así la presión sobre la selva tropical. Además, se generaría mano de obra en las zonas rurales tan afectadas por el desempleo.

Los paneles de bambú en el mundo, especialmente los pisos, cada vez tienen mayor demanda porque presentan la textura del mármol y la elegancia de la madera, además son fuertes, durables, suaves, limpios, antideslizantes y resistentes a la humedad.

Las propiedades de los culmos de bambú están determinadas por su estructura anatómica y son las características anatómicas del culmo las que en últimas reflejan el uso final de este material. La composición de tejidos en un culmo de G. angustifolia es de 40% fibra, 51% parequima y 9% tejido conductivo.

El contenido de fibra es más alto en el segmento apical (56%) que en el segmento medio (26%) y basal (29%) comparativamente con otros bambúes tropicales y subtropicales, esta especie presenta un porcentaje de fibra relativamente alto y un mayor contenido de sílice en la epidermis lo que explica sus asombrosas propiedades de resistencia y flexibilidad.

1.1.7.4 Anatomía

Anatómicamente un bambú está compuesto por corteza, parénquima, fibras y haces vasculares. La forma, tamaño, número y concentración de haces vasculares varía desde la periferia hacia la parte interna del culmo, y desde la base del culmo hacia el ápice del mismo.

En la *Guadua angustifolia* cuatro zonas se pueden establecer a lo ancho de la pared del culmo:

- Zona de la periferia: mide entre 0.67 – 0.77 mm de longitud y está compuesta por haces vasculares inmediatamente adyacentes a la corteza; estos haces son circulares, pequeños y numerosos, con escaso tejido conductivo y pocas células de parénquima;
- Zona de transición: mide entre 1.23 y 2.55 mm de longitud y corresponde al 10% del grosor de la pared del culmo;
- Zona central o media: mide entre 4.95 y 16.34 mm de longitud y corresponde al 56% del grosor de la pared del culmo,
- Zona interna: mide entre 1.3 – 2 mm de longitud y corresponde al 12% del grosor de la pared del culmo.

1.1.7.5 Servicios Ambientales

La guadua presta un sinnúmero de servicios ambientales: conserva el suelo, controla la erosión, regula el caudal hídrico, aporta materia orgánica, contribuye a la biodiversidad, es secuestrante de CO₂ y embellece el paisaje promocionando el ecoturismo.

Su rápido crecimiento tanto aéreo como subsuperficial, la red de rizomas en la capa superficial del suelo (20 – 50 centímetros) y su disposición para ocupar áreas disturbadas, hacen de la guadua un recurso ideal para la conservación de suelos inestables. La guadua ha sido utilizada para proteger la superficie del suelo de la acción solar a través de su sombra y de la deposición de hojarasca, y también para recuperar tierras degradadas debido a la deforestación y a las prácticas agrícolas ineficientes.

Los guaduales son ecosistemas que albergan diversa flora, microflora, entomofauna, mamíferos, aves, reptiles y anfibios. Se han registrado más de 120 especies de plantas asociadas al guadual, más de 48 especies de aves, 20 de mamíferos y 7 de reptiles.

El solo hecho de que después de su aprovechamiento se efectúe un proceso de transformación de sus culmos en viviendas, muebles, artesanías, etc., hace de este bambú una planta fijadora de CO₂.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Los países latinoamericanos, por ser en su gran mayoría países en vías de desarrollo, no tienen compromisos sobre reducción de emisiones de gases efecto invernadero y podrían beneficiarse con el comercio internacional de emisiones de carbono, al hacer uso de mecanismos de desarrollo limpio.

En el Ecuador la guadúa representa una enorme riqueza ambiental, ya que es un importante fijador de dióxido de carbono (CO₂) 17 toneladas métricas / hectárea / año, la producción de oxígeno y captación de carbono tiene un aporte de biomasa de 35 toneladas métricas / hectárea / año, su madera no libera a la atmósfera el gas retenido después de ser transformado en elemento o ser usada en construcción, ya que éste queda fijo en las obras realizadas con ella.

Esta característica llama la atención en los países industrializados porque según el protocolo de Kyoto, se debe disminuir la emisión de gases de efecto invernadero entre el 2008 y el 2012. Estos países ven a la guadúa como una alternativa que ayudaría a resolver un inquietante problema global y que daría a costos más bajos comparados con otros procesos tecnológicos más complejos.

1.1.8 Etapas de Corte

Es el tiempo transcurrido entre dos aprovechamientos sucesivos sobre un mismo bosque. Este depende de la posibilidad del guadual. Lo primordial para el corte de una guadua es tener en cuenta los cambios de luna por

PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

eso es recomendable cortarla en luna menguante ya que esta ejerce presión sobre el agua llevándola hasta su raíz y así la guadua en mejor condición para su aprovechamiento. También debemos tener en cuenta las manchitas blancas que les aparecen desde arriba hasta abajo.

1.1.8.1 La Observación de la Luna

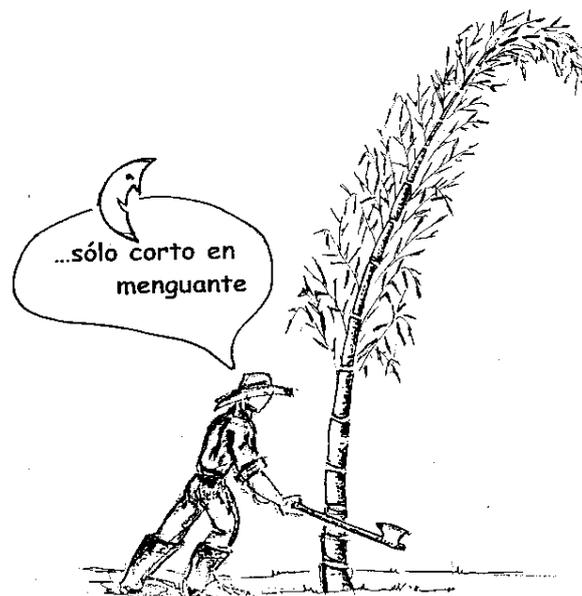
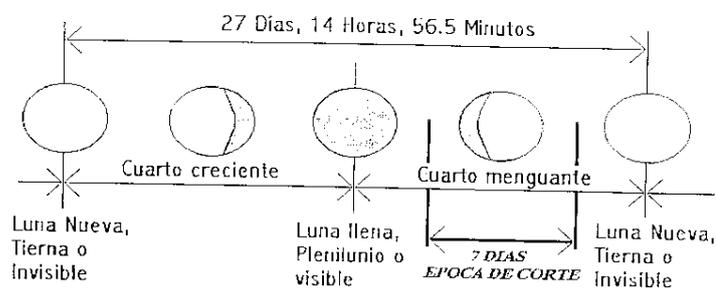


Imagen 1.2 Corte Lunar

Extendida en América y en otras partes del mundo, la observación de las diferentes fases de la luna, es condicionante de grupos étnicos y campesinos, para ejecutar un aserie de labores agrícolas y domésticas.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La siembre, el corte del cabello, la poda de las plantas, la cosecha y otras actividades de la vida cotidiana en áreas rurales de Ecuador, Colombia, Perú, Brasil y de otros países, se rigen por las diferentes fases de la luna.

Si la luna no se halla en la fase lunar denominada "cuarto menguante" o "fase oscura" la mayoría de campesinos y grupos étnicos, de acuerdo a tradiciones.

El tema de la observación de las fases de la luna para el corte de la guadua y la realización de otras actividades, son respecto a su efectividad o validez, ha sido, es y será debatido por científicos y profanos de toda latitud.

Unos la justifican y otros niegan su influencia.

- Científicamente está demostrada y aceptada la influencia lunar y sus efectos sobre las masas de agua, especialmente en mares y océanos.
- Durante la fase lunar denominada "luna llena", los vasos conductores verdaderos capilares mencionada, están llenos de líquidos.
- En la fase lunar denominada "menguante" o "fase oscura", las cavidades internodales de la caña guadua, carecen de agua o están, en mínima.
- Es la época en que el culmo tiene menor cantidad de líquidos y por tanto, al ser cortado tiene menor humedad y por tanto menos riesgo de pudrición o infestación por hongos y microorganismos.

1.1.8.2 La Hora de Corte

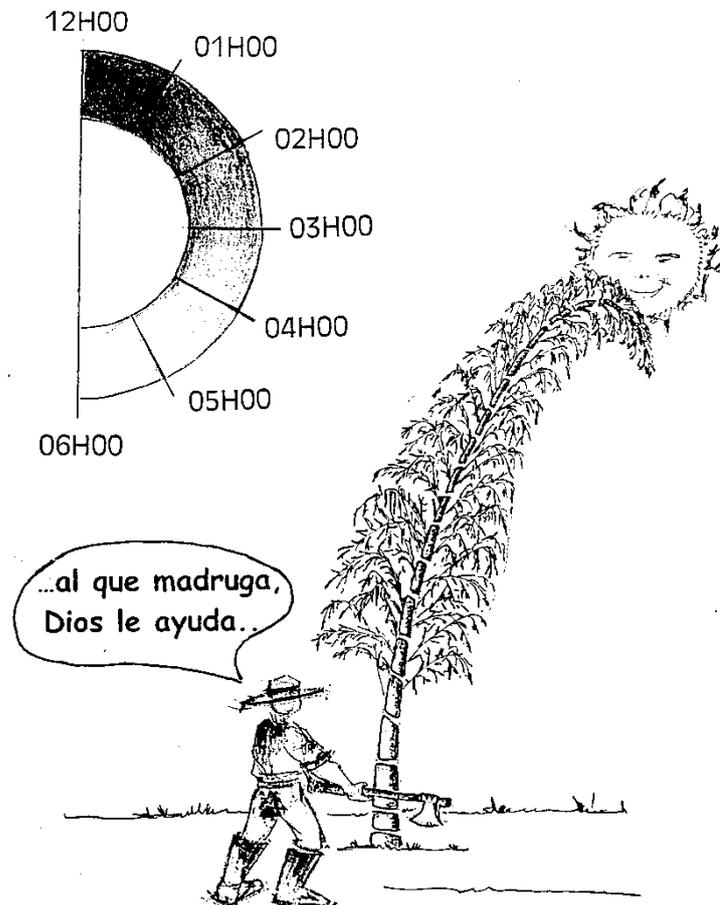


Imagen 1.3 Hora de Corte

Otras de las costumbres arraigadas en áreas rurales de Ecuador y Colombia, es proceder al corte, en las primeras horas de la mañana y antes de que el sol aparezca, decir de 4H00 a 6H00 y si la mañana es nublada, prolongar el plazo hasta las 9H00 am.

En algunas regiones es tradicional la costumbre de cortar las cañas guaduas en la noche, en la madrugada o en las primeras horas de la mañana.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- La luz es factor indispensable en los procesos de fotosíntesis que realizan todas las especies vegetales.
- La caña guadua no se ajeno a los efectos de la fotosíntesis, y su actividad fisiológica es mayor durante el día que en horas de obscuridad.
- Al cortar las cañas guaduas en horas de la noche, madrugada o primeras horas de la mañana, es hacerlo en momentos en que los procesos fisiológicos de la planta son menores y por lo tanto las condiciones de humedad son mas reducidas que en el resto del día.

1.1.8.3 El Nivel de la Marea

A las condiciones anteriores se añade, la de proceder al corte en momentos que las fuentes de agua cercanas, como ríos, lagos, esteros, mar, etc. Se encuentren en su más bajo nivel.

La anterior condición, es fácil de aplicar cuando las masas de agua se encuentran a la vista o en la vecindad, pero en el caso de aquellas se hallan distantes o difíciles de observar, en algunas regiones del Ecuador, aplican el método que a continuación se describe:

Los campesinos de la costa ecuatoriana, determina el nivel de la marea, mediante el corte a una liana denominada "bejuco de agua"

Si, al realizar el corte de la mencionada liana, brota agua, es señal de que la marea está alta, caso contrario, la marea está baja y entonces proceden a cortar la caña guadua.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



Imagen 1.4 En Baja Marea

- La costumbre de cortar la caña guadua en horas de marea baja, es un corolario a lo expresado en lo referente a la influencia de la luna, ya mencionada en líneas anteriores.

1.1.8.4 La Estación o Época de Año



Imagen 1.5 Época Seca

En algunas regiones, a las condicionantes ya mencionadas, se suma la de observar para el corte, la estación o época de año.

Se corta solo en épocas secas, absteniéndose de hacerlo en periodos de lluvia.

- Se ha encontrado controversia en las justificaciones de ésta costumbre.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- Los tejidos y más componentes del parénquima, en épocas de lluvia, son más blandos y por tanto aumentan sus posibilidades de infestación.
- En épocas de lluvia la humedad existente en la caña guadua es mayor y por lo tanto, es susceptible a la proliferación de hongos.

CAPITULO II

PROPIEDADES FÍSICAS, MECANICAS Y ESFUERZOS ADMISIBLES

2.1 ANTECEDENTES

Actualmente, el campo de la construcción de obras civiles a estado inmersa en una serie de modificaciones en cuanto a métodos de construcción, el cual implica los parámetros de diseño como, tipo de material, propiedades tanto físicas como mecánicas que son muy importantes a la hora de diseñar una estructura, es por esto que, la elaboración de esta investigación tiene como propósito presentar a la guadua angustifolia como una nueva alternativa de elemento estructural para la construcción en nuestro país.

La guadua angustifolia crece desde el sur de México hasta el noroeste Argentino, siendo una de las especies de bambú que desarrollan mayor diámetro, espesor y resistencia, por lo que tiene un importante valor económico. Ocupa diferentes hábitat, sin embargo es frecuente observarla en las orillas de los ríos, quebradas y valles interandinos donde se forman grandes sociedades naturales llamadas guaduales. La guadua está conformada por varias partes comerciales que se detallaran a continuación cada una con diferentes características técnicas que se

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

traducen en aplicaciones para la construcción, artesanías, producción de muebles, latas, láminas y pisos.

Clasificación de partes comerciales de la guadua:

- **RIZOMA.-** Es un tallo modificado, subterráneo, que conforma el soporte de la planta. Es el lugar por donde la guadua absorbe los nutrientes. Se ha utilizado en estabilización de las laderas y prevención de la erosión producida por escorrentía, vientos fuertes y desmoronamiento.
- **CEPA.-** Es la parte del culmo con mayor diámetro y espesores de pared mayores, posee una longitud de 4 m. Las distancias de cañutos son las más cortas y en la construcción se les utiliza como columnas.
- **BASA.-** El diámetro es intermedio y la distancia entre nudos es mayor, que en la cepa, es la parte del culmo de la guadua que más se utiliza, tiene una longitud aproximada de 11 m.
- **SOBREBASE.-** El diámetro es menor y la distancia entre nudos es un poco mayor, comparado con la basa, la longitud es de es de aproximadamente 4 m.
- **CARILLÓN.-** La sección tiene un diámetro pequeño y la longitud es

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

de 3 mts aproximadamente.

- **COPA.-** es la parte apical de la guadua, con una longitud entre 1.20 a 2.00 m.

Estudios recientes indican que la densidad puede variar desde 3000 a 8000 tallos de guadua por hectárea (Londoño 1998; CVC, 2000), lo que reporta aprovechamientos que van mínimo de 360 hasta un máximo 960 guadas por hectárea, teniendo en cuenta que los aprovechamientos se deben realizar con un año de por medio para garantizar el equilibrio natural de desarrollo óptimo, para así maximizar beneficios en términos ambientales y comerciales.

En la guadua de la Región Andina se centraran nuestros estudios por ser la especie dedicada y utilizada en los procesos constructivos, a continuación:

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

GUADUA			
Nombre Común		Guadua	
Nombre Científico		Guadua Angustifolia Kunth	
Familia		Gramíneas	
Tribu		Bambuseae Verae	
Subgénero		Bambusa	
Hábitat		0 msnm - 2200 msnm	
Precipitación		Superior a 1200 mm/año	
Humedad Relativa		75 % - 85 %	
Desarrollo Optimo	Altitud	900 msnm - 1600 msnm	Estas Propiedades son factores determinantes en la dimensión del Diámetro y la Altura de la Guadua Angustifolia Kunth.
	Precipitación	2000 mm/año - 2500 mm/año	
	Temperatura	20 °C - 26 °C	
Formas		Guadua Castilla	
		Guadua Macana	
		Guadua Cebolla	
Variedades		Guadua Bicolor	Verde rayada y amarilla
		Guadua Negra	El gen determinante no se ha adquirido totalmente

Tabla 2.1 Propiedades de la Guadua Angustifolia (Fuente González, Díaz MEDELLIN 1992)

CARACTERÍSTICAS DE LAS DISTINTAS FORMAS DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH		
Guadua Castilla	Guadua Macana	Guadua Cebolla
Diámetros Grandes: 180 mm - 350 mm	Diámetros Pequeños: 70 mm - 150 mm	Diámetros Pequeños y Uniformes: 100 mm
	Espesor: 12 mm	Espesor: 10 mm
Se desarrolla en suelos húmedos y ricos en nutrientes	Se desarrolla en suelos con pocos nutrientes con humedad baja	Se desarrolla en suelos ricos en nutrientes con alta humedad
	El suelo debe presentar pendientes pronunciadas	El suelo debe presentar pendientes bajas

Tabla 2.2 Características de las Distintas formas de la Guadua Angustifolia (Fuente González, Díaz MEDELLIN 1992)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

PARTES DE UNA GUADUA

	DESCRIPCIÓN	UTILIZACIÓN
COPA	Parte apical de la guadua con una longitud de 1,20 a 2,00 m.	Se repica en el suelo del guadual como aporte de materia orgánica.
VARILLON	Sección de menor diámetro. Su longitud tiene aproximadamente 3 metros.	Se utiliza en la construcción como correa de techos con tejas de barro o de paja. Se emplea como tutor en cultivos transitorios.
SOBREBASA	Es un tramo de guadua con buen comercio debido a su diámetro, que permite un uso variado. Posee una longitud aproximada de 4 metros.	Utilizada como elemento de soporte en estructuras de concreto de edificios en construcción. También se emplea como viguetas para formaletear planchas y como postes de espalderas en cultivos.
BASA	Parte de la guadua que mayores usos tiene, debido a su diámetro intermedio. Es la sección más comercial de la guadua. La longitud es de 8 metros aproximadamente.	De esta sección se elabora generalmente la esterilla, la cual tiene múltiples usos: en construcción de paredes, casetones y formaletas de planchas. Esta parte se utiliza como vigas y columnas en construcciones nuevas de guadua.
CEPA	Sección basal del culmo de mayor diámetro, debido a sus entrenudos más cortos proporciona una mayor resistencia y tiene una longitud de 3 metros.	Se utiliza como columnas en construcción y para cercos.
RIZOMA	Es un tallo modificado, subterráneo, que se conoce popularmente como "caimán"	En decoración, muebles y juegos infantiles.

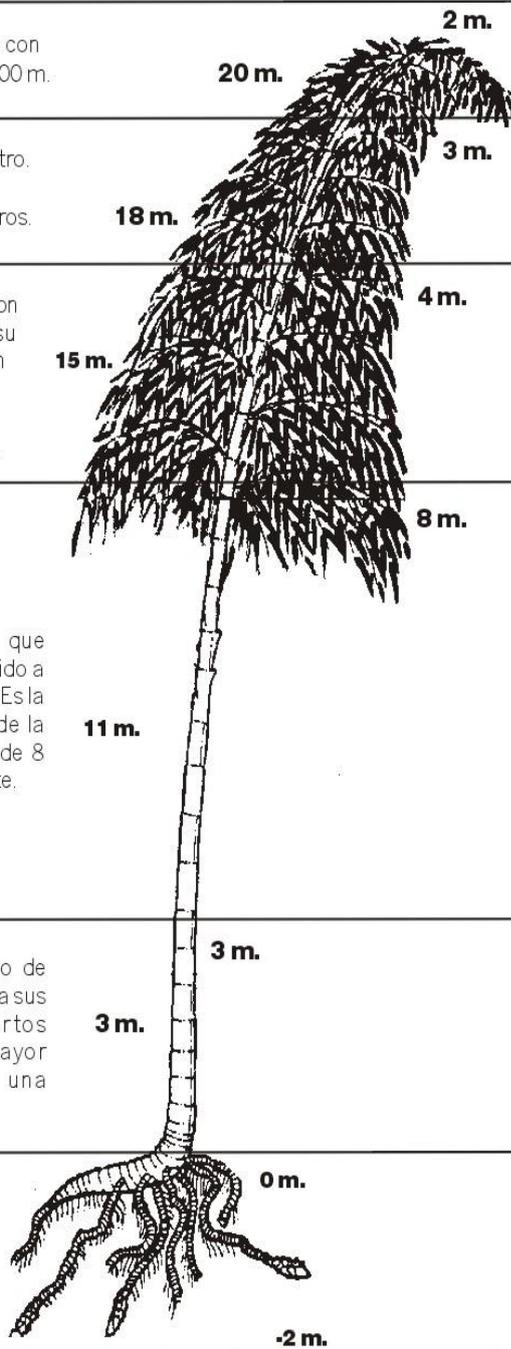


Imagen 2. 1 Partes de una Guadua (Fuente UTP Ecuador 2004)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Tanto como la caña guadua como el bambú gigante son conocidos como la planta de mil usos. Esta encantadora planta es versátil, flexible y de gran dureza, apta para ser utilizada en diferentes ramas tales como construcción, jardinería, pesca, artesanía, muebles, son fuente comestible y de otros usos inimaginables.

Como cultivo el bambú gigante hace una importante contribución al medio ambiente, brinda beneficios a corto y mediano plazo, lo que lo convierte en una excelente opción, para la preservación de cuencas hidrográficas control de la erosión.

- **DATOS TÉCNICOS GENERALES DEL BAMBÚ GIGANTE**

- **Nombre Científico.-** Dendrocalamus Asper clon Tailandia
- **Origen.-** Tailandia, Vietnam e Indonesia
- **Altura Promedio.-** 18 centímetros
- **Clasificación Radicular.-** Crecimiento en sepa
- **Uso.-** paisajismo por su exuberante follaje, muy apreciada en la

Construcción, muebles, utilizada para el control de la erosión.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- **Características.-** Tamaño gigante de crecimiento acelerado
plantación densa.

- **ESPECIES Y PLATACIONES DEL BAMBÚ GIGANTE**

- En el mundo existen alrededor de 1500 especies de bambú entre leños y herbáceos que se distribuyen en Asia 63%, en América 32%, en Oceanía y África 5%

- **CONDICIONES DE SIEMBRA DEL BAMBÚ GIGANTE**

- **Altitud.-** 400 a 2000 m.s.n.m
- **Temperatura.-** 18 °C a 24 °C
- **Precipitación.-** mayor a 1300 mm por año
- **Humedad Relativa.-** 80%
- **Suelos.-** Areno-limosos, arcillosos, sueltos profundos, drenados y fértiles
- **Distancia de Siembra.-** 5x5 metros

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- **Plateo.**- 1.5 metros
- **Hoyo** .- 40x40 centímetros
- **Aportaciones Principales.**- 2 a 3 toneladas de biomasa por hectárea al año, 35% más de oxígeno que otras especies forestales, captura de 12 toneladas de anhídrido carbónico por hectárea.

2.2 CAMBIOS ESTRUCTURALES EN LOS ESTADOS DE MADUREZ

La guadua crece óptimamente en sitios cuya altura sobre el nivel del mar va desde los 0 a los 1800 metros, precipitaciones entre 1200 y 2500 milímetros anuales, temperaturas entre 18° y 25° centígrados y humedad relativa superior al 70%. Se adapta a otras condiciones extremas y fuera de los rangos antes mencionados pero su desarrollo no es ideal. No aguanta condiciones de sequía prolongadas. El suelo ideal para su desarrollo son aquellos ricos en materia orgánica, bien drenados, de textura francoarenosa, areno-limosa, arcillosa y franco-limosa. A pesar de preferir las orillas de los ríos y quebradas, se encuentra en óptimas condiciones en sitios pendientes y alejados de fuentes de agua.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Un gradual o mancha es un conjunto de guaduas, constituido por individuos o culmos en diferentes estados de madurez que conforman un excelente ecosistema. La mayoría de los graduales carecen de manejo técnico o por el contrario son exageradamente intervenidos. Estas manchas deben manejarse con criterios de sostenibilidad bajo normas de productividad sin afectar el ecosistema y garantizar el doble propósito que cumplen en la naturaleza que es la protección de suelos, aguas, aire, vegetación y fauna asociada y simultáneamente la producción de madera para diversidad de usos.

La guadua por ser una monocotiledónea carece de tejido de cambium, es decir que no incrementa su diámetro con el paso del tiempo, emerge del suelo con su diámetro establecido. Es una especie de crecimiento muy rápido que logra incrementos en altura de hasta 11 centímetros al día y alcanza su altura definitiva (18 a 30 metros) en los primeros seis meses después de emerger del suelo en su condición de renuevo y su madurez llega después de los 4 a 5 años.

Se diferencian cuatro fases de desarrollo de la planta desde que brota del suelo hasta que muere.

➤ Brote, Renuevo o Borracho

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

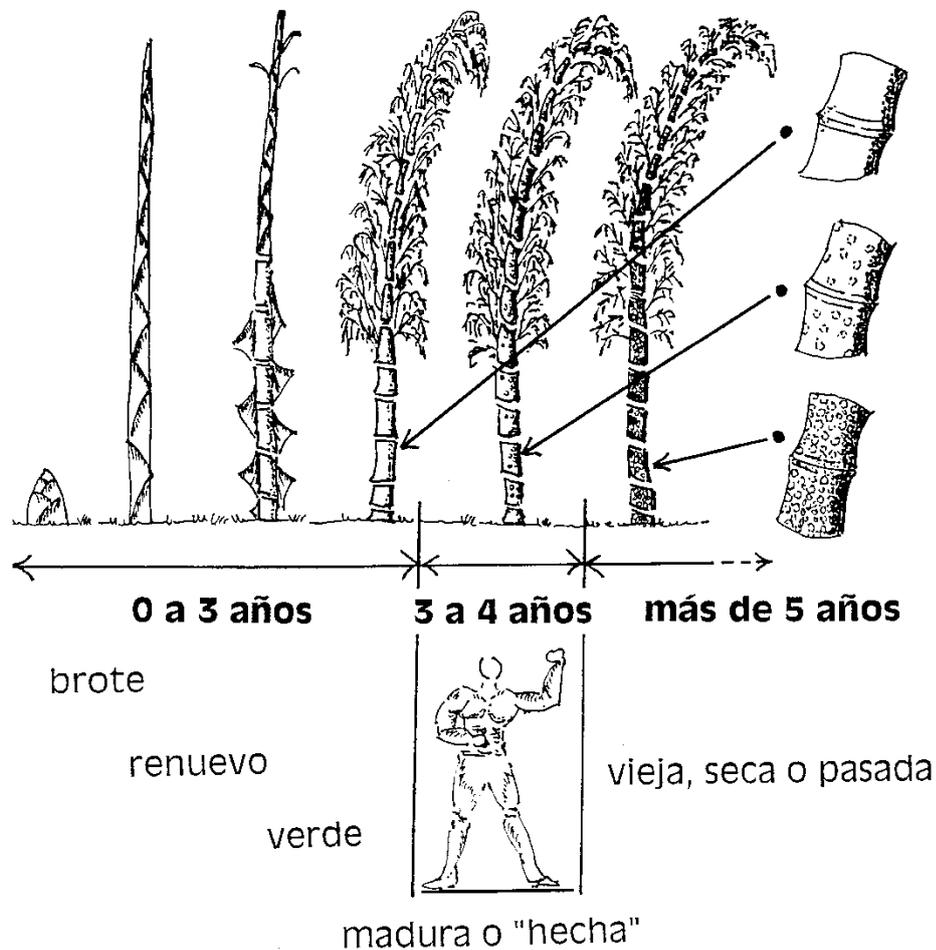


Imagen 2.2 Edad de la Caña Guadua

Desde que emerge del suelo ("cogollo" "espolón") hasta que alcanza su altura máxima transcurre aproximadamente 6 meses. Al cabo de este tiempo, empieza a arrojar sus hojas caulinares para dar salida a las ramas y así iniciar otro estado de desarrollo.

➤ **Caña Tierna Verde o Biche**

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



Imagen 2.3 Guadua Angustifolia Tierna o Verde

En este estado las guaduas se caracterizan por su color verde intenso y lustroso, inicialmente posee ramas, conserva algunas hojas caulinares en su parte inferior y se aprecian con claridad las bandas blancas en los nudos. Esta fase dura entre un año y dos años.

Cuando el tallo empieza a presentar manchas blanquecinas en la corteza, es señal de que se inicia el estado de maduración.

➤ **Caña Madura, Hecha o Gecha**

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



Imagen 2.4 Guadua Angustifolia Madura

Una guadua madura presenta manchas blanquecinas en forma de plaquetas, las mismas que cubren gran parte del culmo. En los nudos se presenta líquenes oscuros y la guadua progresivamente cambia a un color verde oscuro.

Esta fase dura entre 2 y 4 años y es la época adecuada para su aprovechamiento, porque tiene su máxima resistencia.

➤ **Sobremadura, Vieja o Seca**

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



Imagen 2.5 Guadua Angustifolia Seca

Si la caña guadua no se cosecha en estado hecho, pierde su resistencia, se torna los tallos de color amarillento a rojizo, se seca el follaje y por disminución de la actividad fisiológica termina el ciclo de vida de ese individuo. Normalmente cuando las manchas o rodales de guadua no son aprovechados se observa gran cantidad de individuos en estado seco que impiden la aparición de brotes por falta de espacio, luz, agua y nutrientes además de no estimularse los rizomas.

Liese y Weiner 1996; Murphy y Alvin 1997, determinaron que durante los primeros años el tallo sufre un proceso de maduración. Se cambian algunas estructuras, por ende, las propiedades y los fines para el que son empleados. El tallo de un año de edad (inmaduro), tiene paredes

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

celulares delgadas de fibras y parénquima, con el más bajo volumen de lignina. Las células no contienen almidón. Durante los años siguientes, se ve que las fibras y las células de parénquima aumentan su espesor a través de la de posición de laminillas adicionales y una lignificación consecutiva como se muestra en la siguiente figura:

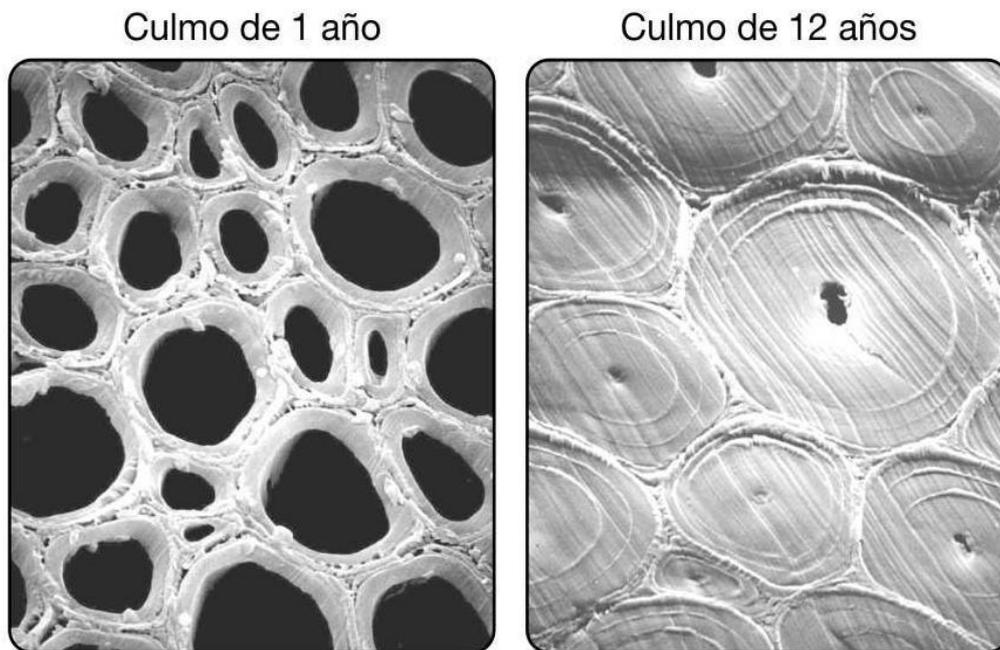


Imagen 2.6 Lignificación de las fibras de un culmo de Guadua (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

El engrosamiento de las paredes de las fibras puede seguir, incluso, después de los 10 años. Además el envejecimiento natural de tallos afecta la eficacia funcional. Según estudios realizados en 1987 indican que la composición cambia significativamente entre los culmos de 1 y 7 años de edad.

2.3 CONTENIDO DE HUMEDAD

La humedad, es una propiedad física indispensable de ser analizada ya que el comportamiento mecánico de la guadua depende del grado de humedad de la muestra. La humedad del tallo de guadua disminuye con la altura y con la edad. La humedad cambia con las época del año, si hay lluvia hay mayor humedad; y menos durante los tiempos de sequía. La contracción del tallo en su longitud se puede pasar por alto; pero la contracción del diámetro puede ser del 5 hasta el 15%, cuando se disminuye la humedad del tronco, (del 70% hasta el 20%). Esta contracción es importante considerando el uso en hormigón armado. La contracción de troncos verdes o jóvenes es mayor que en los troncos maduros; estos últimos tiene buena resistencia a la tracción y flexión. Además, el incremento de la resistencia a la presión esta en relación con la disminución de la humedad, en forma parecida al proceso de endurecimiento de la madera.

Alcance: contenido de humedad para los ensayos mecánicos en el bambú después de la ejecución de cada uno de ellos

Objetivo: la determinación de pérdida de peso, o masa de la pieza de bambú en prueba secada a la masa constante. Los cálculos en la perdida de la masa se expresan como un porcentaje de la masa de la pieza en pruebas después del secado.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Aparatos:

- Balanza con una precisión de 0.1 gramos.
- Horno eléctrico
- Taras

Preparación del espécimen de prueba

Las piezas de prueba para la determinación del contenido de humedad deben ser preparadas inmediatamente después de cada prueba mecánica. El número de probetas debe ser igual al número de ensayos tanto para las evaluaciones físicas y mecánicas. La forma de la probeta debe ser como un prisma aproximadamente de 25 milímetros de ancho y 25 milímetros de alto y tan grueso como el grosor de las paredes. Las piezas en prueba deben ser tomadas cerca del lugar de la falla o almacenadas bajo condiciones las cuales aseguren que los contenidos de humedad permanezcan sin cambio.

Procedimiento:

- Las piezas en prueba deben ser pesadas a una confiabilidad de 0.1 gr y luego secados en un horno a una temperatura de 102-105 °C.
- Después de 25 horas la masa debe ser analizada y verificada para sacar los pesos respectivos.
- El secado debe considerarse completo transcurrido el tiempo señalado.

Cálculo de resultados

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El contenido de humedad de cada pieza en prueba debe ser calculado como la pérdida de masa, expresada como un porcentaje de la masa seca en el horno, de acuerdo a la siguiente formula:

EC. (2.1)

$$CH = \frac{(P1 - P2)}{P2} U * 100$$

Dónde:

P₁= Peso de la muestra en estado natural

P₂= Peso de la muestra seca al horno

El contenido de humedad debe ser calculado a una confiabilidad de 1 a 10%. La media aritmética de los resultados obtenidos de las piezas en prueba individuales debe ser reportada como el valor medio del contenido de humedad de las piezas de guadua en prueba.

Reporte de pruebas

Dirección: LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS, Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, 2007-07-06, Xavier León, Alberto Cobos.

Referencias: Normas ISO/ DIS -22157

Detalle del espécimen: Guadúa Angustifolia, de la Provincia Santo Domingo de los Colorados Ecuador.

Edad: 2 años

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Fecha de corte: 15-06-07

Temperatura del laboratorio: 18 °C

Humedad del ambiente: 20%

RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD OBTENIDOS EN EL LABORATORIO

CONTENIDO DE HUMEDAD												
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso de Tara (g)	37.90	12.70	13.90	38.10	37.80	12.60	12.80	14.10	14.20	38.30	37.00	12.90
Peso de Tara+Guadúa húmeda(g)	43.00	18.80	18.40	43.00	43.10	18.80	18.90	18.60	18.80	43.20	42.00	19.00
Peso de Tara+Guadúa seca(g)	41.80	17.30	17.30	42.00	41.70	17.20	17.40	17.60	17.80	42.20	41.00	17.60
Peso de la Guadúa (g)	5.10	6.10	4.50	4.90	5.30	6.20	6.10	4.50	4.60	4.90	5.00	6.10
Peso de la Guadúa seca(g)	3.90	4.60	3.40	3.90	3.90	4.60	4.60	3.50	3.60	3.90	4.00	4.70
Contenido de Humedad (%)	30.77	32.61	32.35	25.64	35.90	34.78	32.61	28.57	27.78	25.64	25.00	29.79
CH Pomedio (%)	30.12											

Tabla 2.3 Resultados de Contenido de Humedad (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

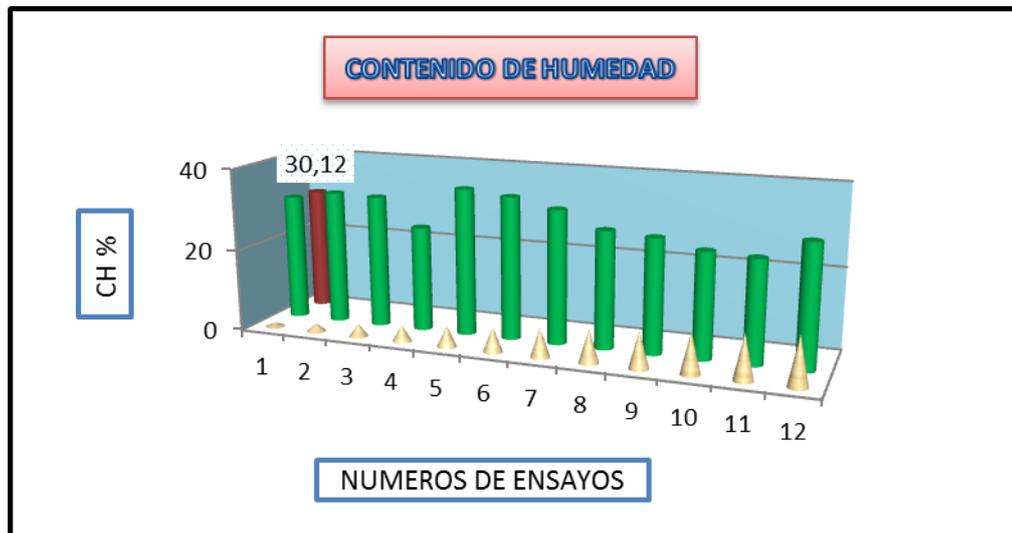


Imagen 2.7 Contenido de Humedad de los Ensayos (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

Las probetas tienen aproximadamente 25 milímetros de alto y 25 milímetros de ancho, y el grosor de las paredes es de 10 milímetros como indica la norma.

El contenido óptimo para uso estructural es menor de 25% y máxima permisible del 30%.

2.4 MASA POR VOLUMEN

Alcance: La densidad a la cual está el material para poder saber el peso propio del mismo en el cálculo estructural.

Objetivo: La masa por el volumen, es el nombre moderno de densidad la cual se expresa como la masa dividida para su volumen.

Aparatos: Se necesitan instrumentos capaces para determinar las dimensiones de las guaduas de pruebas a una confiabilidad de 0.1 milímetros.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Una balanza capaz de pesar con una precisión de 0.1 gramos.

Preparación de las Piezas: Las piezas son preparadas al igual que en el contenido de humedad, o se lo puede realizar desde un corte completo transversal del culmo.

Para la determinación de la densidad, también es permitido preparar la pieza en prueba de toda la sección de corte cruzado de un tronco, en vista de que el volumen puede ser medido fácilmente.

Procedimiento: Se mide las dimensiones de las piezas en prueba a lo más cercano a 0,1 milímetros y calcular el volumen, o determinar el volumen por un método adecuado (inmersión en mercurio) a una confiabilidad de 10 milímetros cúbicos. Se lo realiza en condiciones tiernas o inmaduras durante la prueba con lo cual se determinara el volumen.

Determinar la masa de las piezas a una confiabilidad de 0.1 gramos.

Cálculo y expresiones de resultados:

La densidad de cada pieza es dada por la siguiente formula:

EC. (2.2)

$$\rho = \left(\frac{m}{V}\right) * 10^6$$

Dónde:

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ρ = Masa por el volumen en $\frac{Kg}{m^3}$

m = Masa de la pieza en gramos.

V = Volumen piezas en mm³

10⁶ = Factor de correcciones de unidades.

DETERMINACION DENSIDAD						
MUESTRAS	1	2	3	4	5	6
CAJA PETRI+MERCURIO (gramos)	754.40	770.70	774.50	762.00	750.40	755.00
CAJA PETRI+MERCURIO DERRAAMADO(gramos)	692.80	691.00	664.60	680.00	670.00	692.60
PESO MERCURIO DERRAMADO (gramos)	61.60	79.70	109.90	82.00	80.40	62.40
MASA DE MERCURIO (gramos)	61.60	79.70	109.90	82.00	80.40	62.40
DENSIDAD DEL MERCURIO (g/cm3)	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50	13.50
VOLUMEN DE LA GUAGÚA (cm3)	4.56	5.90	8.14	6.07	5.96	4.62
MASA DE LA GUADÚA (gramos)	2.90	4.80	5.00	4.50	4.60	3.00
DENSIDAD DE LA GUADÚA (g/cm3)	0.64.	0.81	0.61	0.74	0.77	0.65
DENSIDAD DE LA GUADÚA (Kg/m3)	635.55	813.05	614.19	740.85	772,39	649.04
DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m3)	704.18					

Tabla 2.4 Resultados de Densidad (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

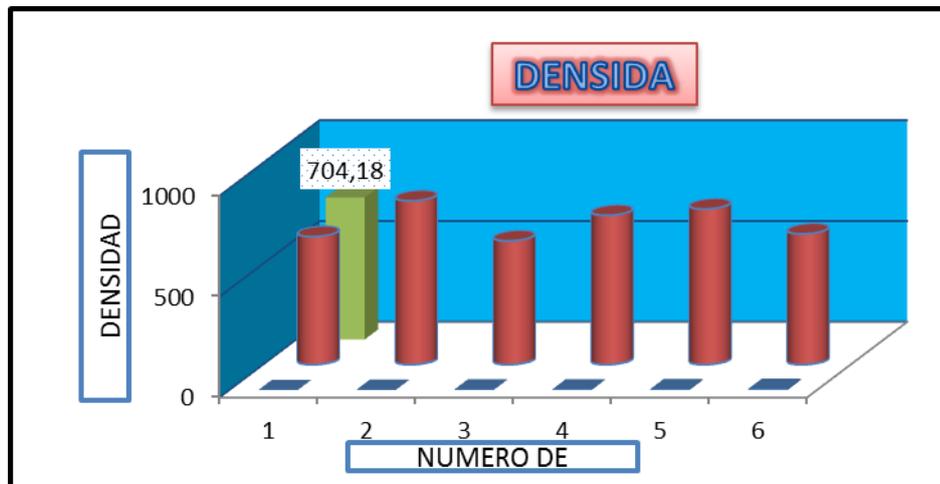


Imagen 2.8 Contenido de Densidad de los Ensayos (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

PESO ESPECÍFICO

Es la relación entre el peso total de la muestra sobre el volumen total de la muestra. Para determinar el volumen de la muestra de guadua se debe sumergirlas en mercurio para tener mayor precisión en el ensayo.

EC. (2.3)

$$Pe = \frac{Pt}{Vt}$$

Donde:

Pt= Peso Total

Vt= Volumen Total

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

PESO ESPECIFICO						
MUESTRAS	1	2	3	4	5	6
VOLUMEN DE LA GUADÚA (cm3)	4,56	5,90	8,14	6,07	5,96	4,62
PESO DE LA GUADÚA (gramos)	2,90	4,80	5,00	4,50	4,60	3,00
PESO ESPECIFICO (g/cm3)	0,64	0,81	0,61	0,74	0,77	0,65
PESO ESPECIFICO PROMEDIO (g/cm3)	0,70					

Tabla 2.5 Peso Específico (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

2.5 TRACCIÓN

Es una de las Propiedades Mecánicas de la Guadua, podemos citar como antecedentes , que La propuesta de normas internacionales para ensayos de bambú INBAR STANDARD FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO, especifican para los ensayos parámetros que a partir del año 1999 se estandarizaron para sacar resultados confiables y que se puedan evaluar de mejor manera las propiedades de la guadua por que anteriormente se hacían investigaciones pero sin un manual o una guía que los lleve a dicho estudio por tal razón en nuestro trabajo nos hemos visto en la necesidad de hacerlo de forma técnica y responsable.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Alcance: Se especifica un método para las pruebas de tensión paralela a las fibras realizadas en los troncos de la guadua.

Objetivo: La determinación del esfuerzo ultimo de tensión paralela a la fibra por la aplicación de aumento gradual de carga al tronco de prueba de bambú.

Aparatos: Las mordazas de la máquina de tensión debe asegurar que la carga sea aplicada a lo largo del eje longitudinal de la pieza de prueba y debe prevenir el giro longitudinal. Las mordazas deben presionar perpendicular a las fibras y en dirección radial. La carga debe ser aplicada continuamente a través de toda la prueba a una velocidad de los cabezales de 0.01 milímetros/segundo. La carga debe ser medida al 1%. Las dimensiones de corte deben ser medidas a una precisión de 0.1 milímetros.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



Imagen 2.9 Máquina Universal para Ensayos de Tracción (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

Preparación de los especímenes de prueba

Los especímenes deben ser tomados de la parte basal media y superior de cada tronco de guadua. Las pruebas de tensión paralela a la fibra deben ser realizadas con muestras con un módulo, la cual debe estar en la sección de agarre. Esta limitación es válida en el caso de evaluar para propósitos comerciales. En el caso de investigaciones científicas uno es libre de determinar lo contrario.

La dirección general de las fibras debe ser paralela al eje longitudinal de la porción de medida de la pieza en prueba. La porción de medida debe tener una sección transversal rectangular con dimensiones del grosor de las paredes o menor en la dirección radial, de 10 a 20 milímetros en la

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

dirección tangencial. La longitud de medida debe ser de 50 a 100 milímetros. Los terminales de las piezas de prueba deben ser ahusadas para asegurar que la falla ocurra en la porción media de la pieza y para minimizar la concentración de tensión en el área de transición.



Imagen 2.10 Probetas para Ensayos de Tracción (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

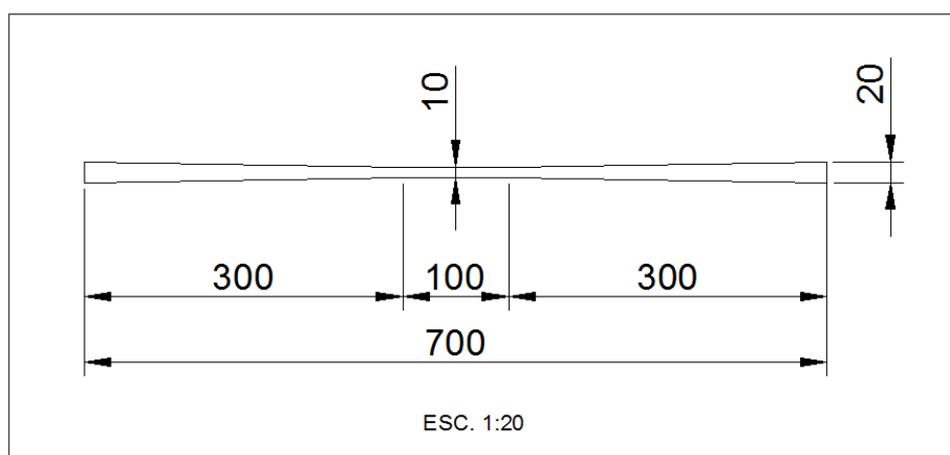


Imagen 2.11 Probetas para Tracción en mm (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

Procedimiento:

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Medir las dimensiones de cruce seccional de la porción de medida de la pieza de prueba a una confiabilidad de 0.1 milímetros en tres lugares de la parte media, y calcular su valor medio.

El sujetador en los terminales de la pieza en prueba entre las mordazas de la maquina evaluadora a una distancia segura de la porción media. La carga debe ir a una velocidad constante. Leer la carga máxima. Y después determinar el respectivo contenido de humedad de cada pieza ensayada.

Cálculo y expresión de resultados

El esfuerzo último de la tensión se calcula con la siguiente formula:

EC. (2.4)

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

Dónde:

σ_{ult} = Esfuerzo último de tensión en MPa

F_{ult} = Carga máxima en N

A = Promedio del área transversal medida en mm²

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

RESULTADOS DE SAYOS DE TRACCIÓN												
UBICACIÓN	SIN NUDO APICE		SIN NUDO MEDIA		SIN NUDO BASAL		CON NUDO APICE		CON NUDO MEDIA		CON NUDO BASAL	
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ANCHO (mm)	6,14	5,60	5,00	7,48	6,51	6,50	7,72	7,55	6,44	7,71	7,95	6,75
ESPEJOR(mm)	2,76	3,04	3,16	4,77	4,50	4,40	5,39	4,62	4,76	4,56	3,75	4,80
ÁREA(mm²)	16,95	17,02	15,80	35,68	29,30	28,60	41,61	34,88	30,65	35,16	29,81	32,40
FUERZA (N)	4361,00	4256,00	4478,60	7418,60	6183,80	7000,00	3831,80	1715,00	2499,00	2773,40	1675,80	2557,80
ESFUERZO (Mpa)	257,34	250,00	283,46	207,92	211,09	244,76	92,09	49,17	81,52	78,88	56,21	78,94
ESF. MEDIO (Mpa)	242,43						72,80					

Tabla 2.6 Resultados de Ensayos de Tracción (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

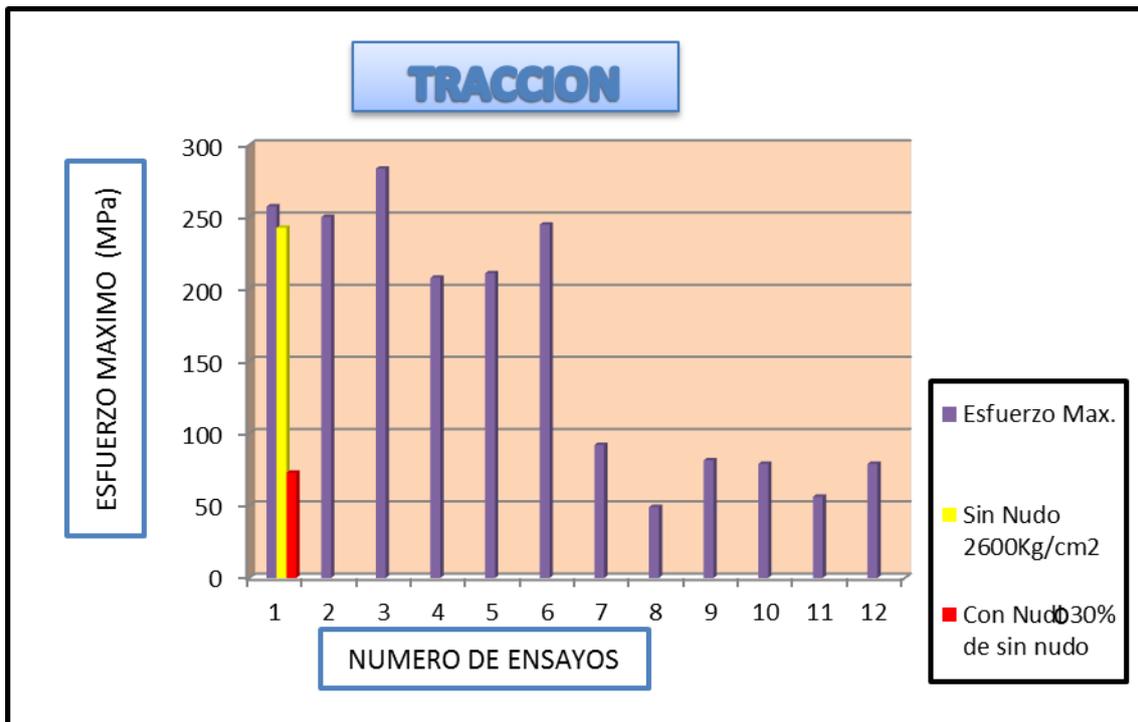


Imagen 2.12 Resultados de Ensayos de Tracción en Probetas con Nudo y sin Nudo (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

Se puede analizar que para el ensayo de tracción cuando se trabaja con probetas que tienen un nudo en la parte central este no llega más del 30% de esfuerzo obtenido con probetas sin nudo dándonos a entender que para usar la guadua se debe evitar utilizar elementos con un solo nudo por que viene a ser crítico por tal motivo se lo debe tener muy presente para no hacer uso de él, por otra parte se puede mencionar que casi no existe diferencia en los segmentos divididos de la guadua tanto en su base como en su parte media y superior como lo muestran los cálculos obtenidos.

2.6 COMPRESIÓN

Alcance: Se especifica un método para la compresión en pruebas paralelas a los ejes en especímenes de troncos de guadua.

Objetivo: La determinación de:

- El esfuerzo último de compresión
- El módulo de elasticidad nominal

Aparatos: La prueba se llevara a cabo en una máquina de prueba adecuada, donde por lo menos exista un engranaje semiesférico para obtener la distribución homogénea de la carga sobre los terminales de la muestra.



Imagen 2.13 Máquina Universal de Compresión (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

Máquina de compresión universal y probeta de guadua, Escuela Politécnica del Ejército, Laboratorio de Resistencia de Materiales

Preparación de los especímenes de prueba

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Las muestras deben ser tomadas de la parte baja, media y alta de cada tronco de bambú.

La compresión de pruebas paralelas al eje deben ser realizadas en muestras sin módulos esto quiere decir sin nudos y la longitud debe ser tomada igual al diámetro exterior, sin embargo si esta es 20 milímetros o menos, la altura debe ser 2 veces el diámetro externo.

Los planos terminales del espécimen deben estar perfectamente al ángulo del equipo. Además los planos terminales deben ser planos con una desviación máxima de 0,02 milímetros.

Para determinar el módulo de elasticidad E se debe colocar un deformímetro calibrado a 0,01 milímetros para tomar las lecturas a cargas iguales y constantes que son dispuestas por el investigador.



Imagen 2.14 Cilindros de Compresión para los Ensayos (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

Procedimiento:

La muestra debe ser puesta de tal manera que el centro de el cabezal coincida con el centro de la sección transversal del espécimen y una carga pequeña no más de 1KN.

La carga debe ser aplicada continuamente durante la prueba para provocar que la cabeza móvil de la maquina este a una velocidad constante de 0,01 milímetros/segundo. El deformímetro debe ser leído de tal forma que se tenga un número considerable de lecturas para poder trazar la gráfica de esfuerzo deformación y de ahí sacar el valor del módulo de elasticidad que será determinado de la misma grafica trazada. Se deberá saber cuál fue la lectura final de la carga para tener de referencia y determinada nuevamente.

Cálculo y expresión de resultados

El esfuerzo de compresión máximo debe de ser calculado con la siguiente fórmula:

EC. (2.5)

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

Dónde:

σ_{ult} = Esfuerzo último de compresión en MPa

F_{ult} = Carga máxima en N

A = Promedio del área transversal medida en mm²

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El módulo de elasticidad E debe ser calculado del promedio de lecturas del deformímetro como una relación lineal entre el esfuerzo de compresión y la deformación al 20 y 80% de la carga máxima.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

COMPRESION PARALELA A LA FIBRA												
UBICACIÓN	BASAL				MEDIO				APICAL			
MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
DIAMETRO EXTERIOR (D)	65,14	58,94	64,59	63,88	64,54	65,56	64,12	58,49	64,28	65,93	61,00	61,00
DIAMETRO INTERIOR (d)	52,07	49,43	50,73	48,81	50,70	51,75	50,80	47,15	51,24	52,14	52,00	49,56
ÁREA (mm²)	1203,08	809,36	1254,83	1334,18	1252,54	1272,28	1202,64	941,25	1183,11	1278,78	798,75	993,38
LONGITUD (mm)	132,72	136,38	131,48	133,07	132,41	132,29	136,96	131,40	132,07	131,23	135,54	130,06
FUERZA (N)	54488	55860	53802	58800	55174	54880	56546	55664	54145	54488	43000	43512
ESFUERZO MAXIMO (Mpa)	45,29	69,02	42,88	44,07	44,05	43,14	47,02	59,14	45,76	42,61	53,83	43,80
ESFU. PROMEDIO (Mpa)	50,31				48,34				46,50			

Tabla 2.7 Resultados Ensayos de Compresión (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

RESULTADOS DE LABORATORIO ENSAYO DE COMPRESION EN GUADÚA									
P (N)	P (Kg)	δ (mm)	σ	Lf	Lo	δ	ϵ	E(Mpa)	E promedio
0	0	0	0,00	136,38	136,38	0,00000	0,00000	2251,82	
2940	300	0,22	3,63	136,16	136,38	0,00161	0,00161	4128,336	
5880	600	0,34	7,26	136,04	136,38	0,00249	0,00249	5504,448	
8820	900	0,43	10,90	135,95	136,38	0,00315	0,00315	7077,147	
11760	1200	0,5	14,53	135,88	136,38	0,00367	0,00367	9908,006	
14700	1500	0,55	18,16	135,83	136,38	0,00403	0,00403	9908,006	20%
17640	1800	0,6	21,79	135,78	136,38	0,00440	0,00440	12385,008	
20580	2100	0,64	25,43	135,74	136,38	0,00469	0,00469	9908,006	
23520	2400	0,69	29,06	135,69	136,38	0,00506	0,00506	16513,344	
26460	2700	0,72	32,69	135,66	136,38	0,00528	0,00528	12385,008	11903,369
29400	3000	0,76	36,32	135,62	136,38	0,00557	0,00557	16513,344	
32340	3300	0,79	39,96	135,59	136,38	0,00579	0,00579	12385,008	
35280	3600	0,83	43,59	135,55	136,38	0,00609	0,00609	12385,008	
38220	3900	0,87	47,22	135,51	136,38	0,00638	0,00638	9908,006	
41160	4200	0,92	50,85	135,46	136,38	0,00675	0,00675	12385,008	
44100	4500	0,96	54,49	135,43	136,38	0,00704	0,00704	8256,672	
47040	4800	1,02	58,12	135,36	136,38	0,00748	0,00748	8256,672	80%
49980	5100	1,08	61,75	135,3	136,38	0,00792	0,00792	6192,504	
52920	5400	1,16	65,75	135,22	136,38	0,00851	0,00851	3538,574	
55860	5700	1,3	809,36	135,08	136,38	0,00953	0,00953	7240,466	

Tabla 2.8 Cálculo de Módulo de Elasticidad con Deformaciones Unitarias (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

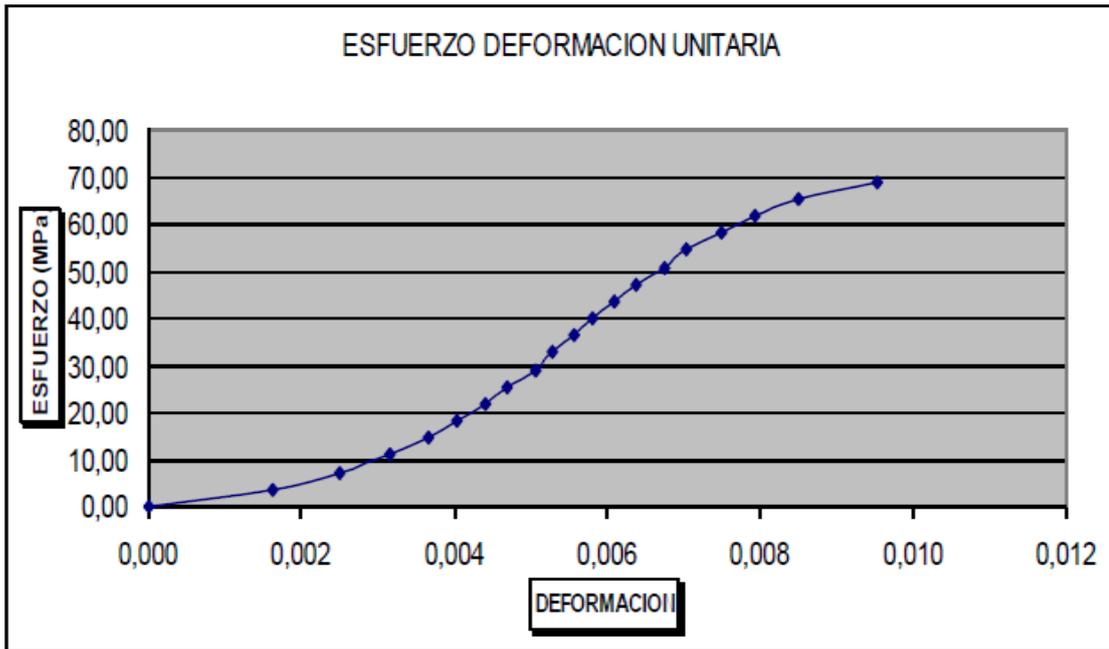


Imagen 2.15 Esfuerzo Deformación Unitaria (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

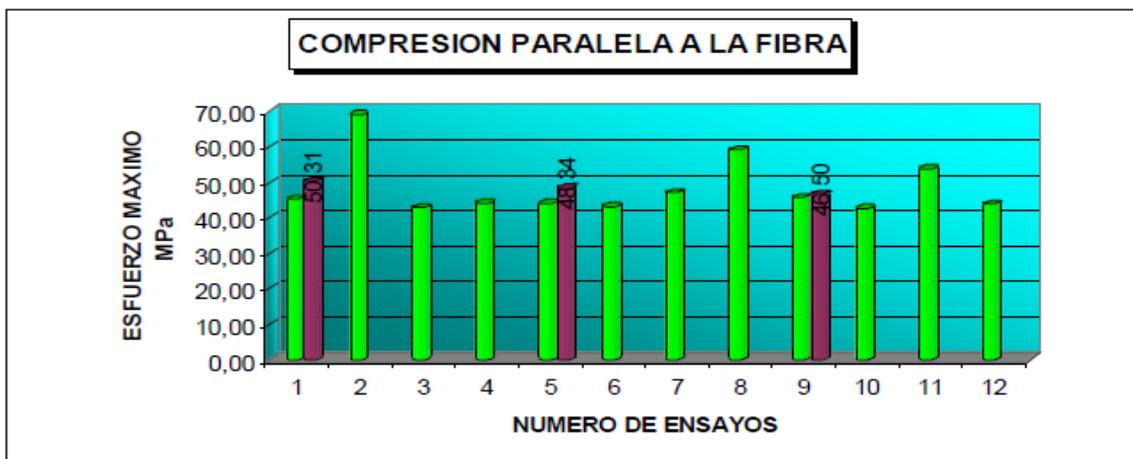


Imagen 2.16 Resultados de Esfuerzo en las Probetas (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

2.7 FLEXIÓN

Alcance: se especifica un método para pruebas de flexión en troncos de guadua

Objetivo: la determinación de:

- El esfuerzo de flexión en tronco de bambú con dos puntos de carga
- La determinación de la curva esfuerzo deformación
- El módulo de elasticidad del tronco de guadua

Aparatos: una máquina para el ensayo de flexión capaz de medir carga lo más cercano al 1% y la deflexión lo más cercano a milímetros.

Un mecanismo capaz de asegurar la flexión de un tronco de bambú aplicando una carga media entre los centros de soporte de la carga.

La prueba debe ser una prueba de flexión de 4 puntos dos de aplicación de las cargas y dos de los apoyos.

La carga debe ser dividida en mitades por medio de una viga apropiada, para evitar la ruptura del tronco de bambú en los puntos de aplicación de la carga y en las reacciones en los apoyos deben ser aplicadas en los nudos con ayuda de dispositivos que permitan rotar libremente.



Imagen 2.17 Máquina de Ensayo de Flexión (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

Preparación de los troncos de Prueba

Los troncos deben estar sin ningún defecto visible, con el propósito de obtener la deflexión real, además deberá poseer una distancia libre entre apoyos de $30 * D$ donde D es el diámetro externo de la guadua para alcanzar la flexión pura.

Procedimiento

Determine el valor de medio de D diámetro externo de la guadua y el espesor de las paredes t diámetro interno para encontrar el valor del momento de inercia con la siguiente formula.

EC. (2.6)

$$I = \left(\frac{\pi}{64} \right) * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Dónde:

I = Momento de inercia en mm^4

$\Pi = 3.1416$

D = Diámetro externo de la guadua

d = Diámetro interior de la guadua

t = Espesor de la guadua $D-d$

Poner en el tronco de guadua en el lugar de la máquina de flexión y que se apoyen en los dos extremos permitiendo que el tronco encuentre su posición. Luego ponga los dispositivos de madera y la viga la cual divide a la carga en la parte superior del tronco de bambú y permita que nuevamente se ubique en la mejor posición y alineado al tronco de bambú en un plano vertical.



Imagen 2.18 Apoyos Extremos Madera (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

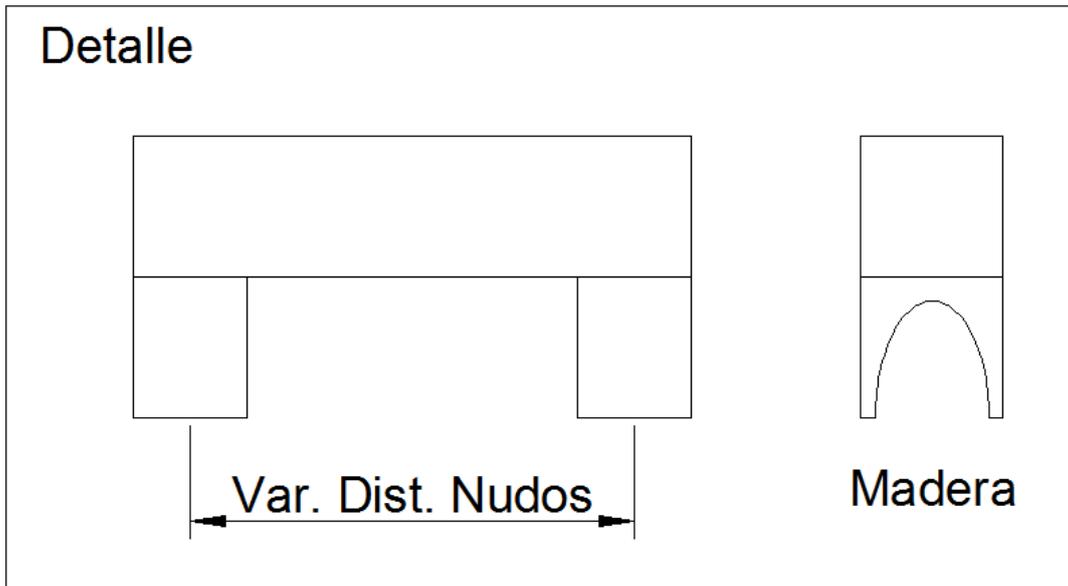


Imagen 2.19 Apoyos de Madera con Dimensiones Variables



Imagen 2.20 Viga Carga en Dos Puntos (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

La carga sobre el tronco de bambú debe ser constante a una confiabilidad de 1% esto quiere decir que se vaya tomando rango de carga para ir midiendo la deformación producida a esa carga esta taza puede ser a 0.05 milímetros / segundo y ser la carga máxima a la cual falla la guadua. Después de la prueba

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

vuelva a medir D el diámetro externo y el d diámetro interno. Determine el contenido de humedad que debe estar alrededor del 30%

Cálculo y expresión de resultados

El esfuerzo último de flexión estático es calculado de la siguiente manera:

EC. (2.7)

$$\sigma_{ult} = \frac{Mult * c}{I}$$

Dónde:

σ_{ult} = Esfuerzo Máximo de flexión en MPa

C = Centro de Gravedad que está a D/2 mm

I = Momento de inercia en mm⁴

$Mult$ = Momento ultimo de flexión en N * mm

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

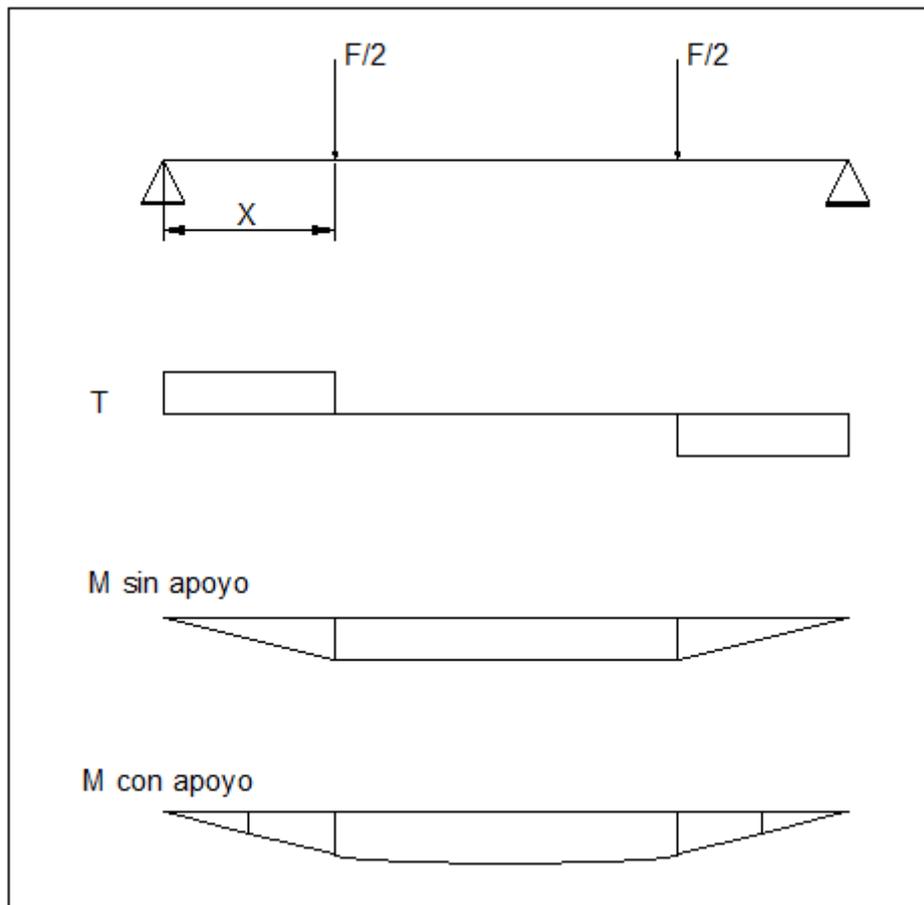


Imagen 2.21 Modelo Matemático del Ensayo de Flexión

EC. (2.8)

$$M_{ult} = 0.5 F_{ult} * x$$

Dónde:

X = Distancia del apoyo a la primera carga en mm

F_{ult} = Fuerza ultima aplicada en N

EC. (2.9)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$I = \left(\frac{\pi}{64}\right) * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

Para el módulo de elasticidad o módulo de Young es dado por la parte lineal del diagrama de esfuerzos deformación el módulo de elasticidad E es calculado con la siguiente formula

Formula de la deflexión en el centro de la viga

EC. (2.10)

$$\delta_{\max} = \frac{0.5 F * x}{24 EI} * (3L^2 - 4x^2)$$

Dónde:

E = Modulo de elasticidad en MPa

F = Fuerza máxima en N

X = Distancia a la primera carga en mm

L = Distancia libre entre apoyos en mm

I= Momento de inercia en mm⁴

δ_{\max} = Deformación máxima en mm

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

FEXION EN GUADUA									
Probeta	Lugar	D mm		D mm	d mm	I mm4	Promedio de I	Área mm2	Prom Área mm2
P1	A	102,80	96,60	99,60	72,00	4639913,18	3970258,77	3719,78	3319,47
	B	93,50	92,00	92,00	68,90	3300604,35		2919,17	
FLEXIÓN EN GUADÚA									
Carga F en Kg	Carga F en N	Esfuerzo Mpa	deflexión mm	l mm	X mm	Mult N*mm	0 MPa	E Mpa	
0,00	0,00	0,00	0,00	1500,00	620,00	3720000,00	46,66	11022,57	
50,00	500,00	1,94	1,00						
100,00	1000,00	3,89	3,00						
150,00	1500,00	5,83	4,00						
200,00	2000,00	7,78	5,00						
250,00	2500,00	9,72	6,00						
300,00	3000,00	11,67	7,00						
350,00	3500,00	13,61	9,00						
400,00	4000,00	15,55	10,00						
450,00	4500,00	17,50	11,00						
500,00	5000,00	19,44	12,00						
600,00	6000,00	23,33	13,00						
700,00	7000,00	27,22	14,00						
800,00	8000,00	31,11	15,00						
900,00	9000,00	35,00	16,00						
1000,00	10000,00	38,88	24,00						
1100,00	11000,00	42,77	27,00						
1200,00	12000,00	46,66	35,00						

Tabla 2.9 Resultados de la Probeta # 1 (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

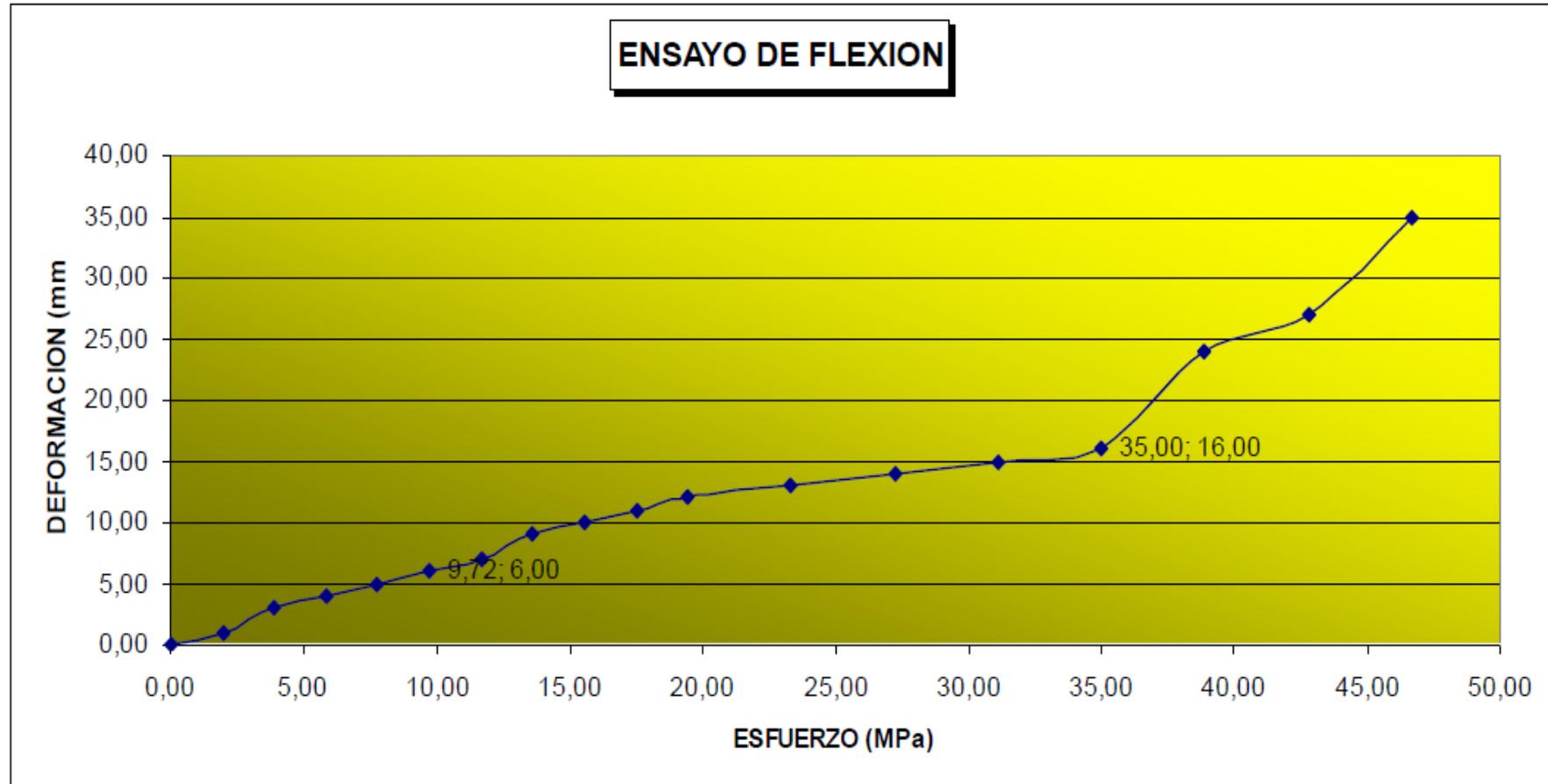


Imagen 2.22 Grafico de Esfuerzos Deformación de la Probeta # 1 (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

FEXION EN GUADÚA									
Probeta	Lugar	D mm		D mm	d mm	I mm ⁴	Promedio de I	Área mm ²	Prom Área mm ²
P2	A	96,2	86,7	91,45	74,2	2916900,61	2784473,43	2244,25	2385,25
	B	90	84,8	87,4	66,5	2652046,26		2526,25	
FLEXIÓN EN GUADÚA									
Carga F en Kg	Carga F en N	Esfuerzo Mpa	deflexión mm	l mm	X mm	Mult N*mm	0 MPa	E Mpa	
0	0	0	0	1500	620	2015000	33,09	10578,48	
50	500	2,55	1						
100	1000	5,09	3						
150	1500	7,64	6						
200	2000	10,18	7						
250	2500	12,73	8						
300	3000	15,28	9						
350	3500	17,82	10						
400	4000	20,37	11						
450	4500	22,91	12						
500	5000	25,46	14						
550	5500	28	20						
600	6000	30,55	24						
650	6500	33,1	29						

Tabla 2.10 Resultados de la Probeta # 2 (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

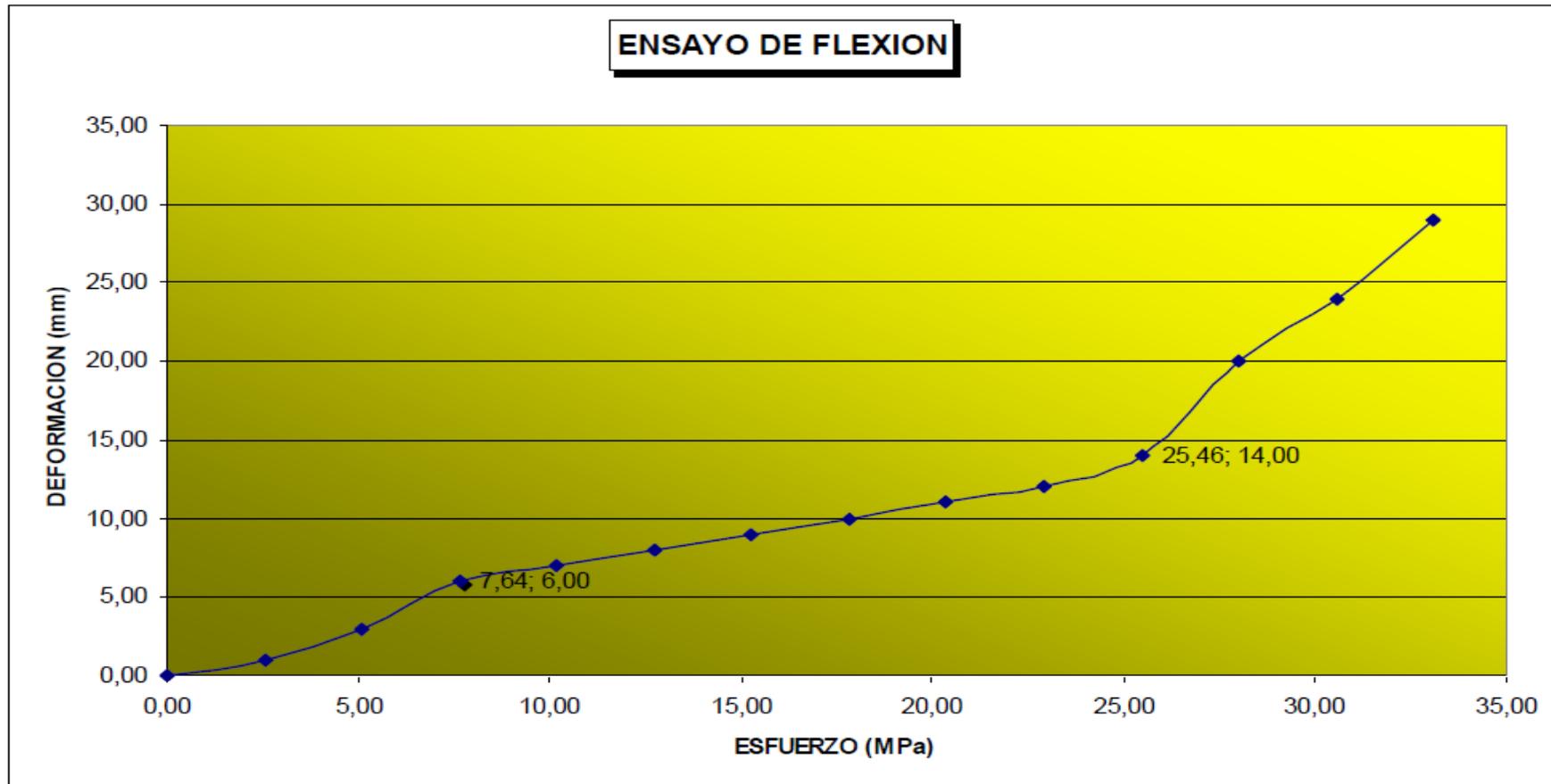


Imagen 2.23 Grafico de Esfuerzos Deformación de la Probeta # 2 (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

FEXION EN GUADÚA									
Probeta	Lugar	D mm		D mm	d mm	I mm ⁴	Promedio de I	Área mm ²	Prom Área mm ²
P3	A	94	98,1	96,05	76,7	3646910,28	3549007,24	2625,37	2257,68
	B	96,8	104	100.40	87,6	3451104,2		1889,99	
FLEXIÓN EN GUADÚA									
Carga F en Kg	Carga F en N	Esfuerzo Mpa	deflexión mm	I mm	X mm	Mult N*mm	0 MPa	E Mpa	
0	0	0	0	1500	620	1860000	25,17	9485,31	
50	500	2,1	1						
100	1000	4,19	2						
150	1500	6,29	6						
200	2000	8,39	7						
250	2500	10,49	8						
300	3000	12,58	9						
350	3500	14,68	10						
400	4000	16,78	11						
450	4500	18,88	12						
500	5000	20,97	13						
550	5500	23,07	17						
600	6000	25,17	19						

Tabla 2.11 Resultados de la Probeta # 3 (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

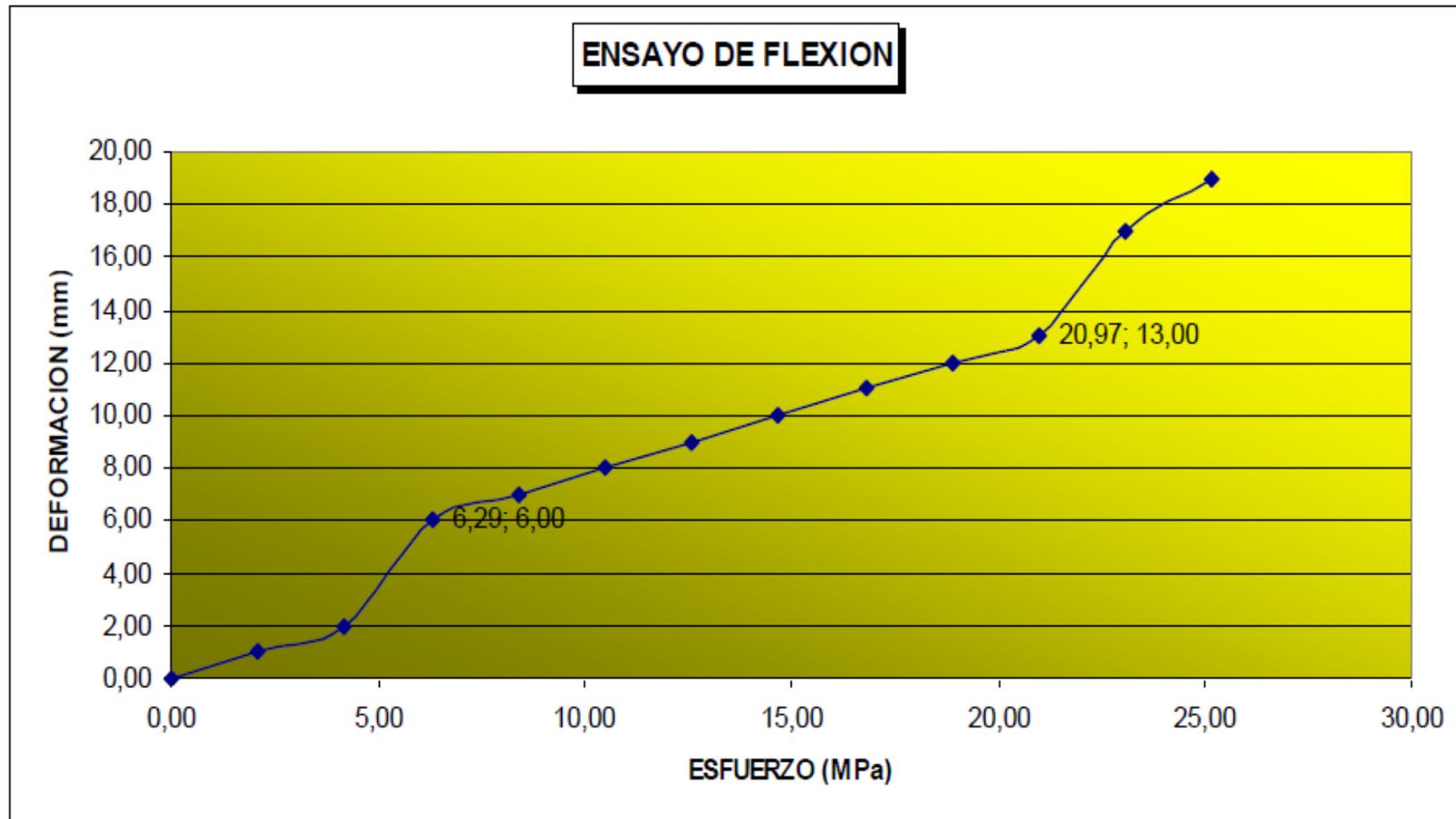


Imagen 2.24 Grafico de Esfuerzos Deformación de la Probeta # 3 (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

RESUMEN DE RESULTADOS FLEXIÓN				
PROBETA	ESFUERZOS (MPa)	E (MPa)	O prom	E (PROMEDIO) MPa
1	46,66	11022,57	34,98	10362,12
2	33,10	10578,48		
3	25,17	9485,31		

Tabla 2.12 Resumen de Resultados

2.8 ESFUERZOS ADMISIBLES

Con base en los resultados obtenidos en el laboratorio en las propiedades mecánicas de la guadua se recomienda los siguientes esfuerzos admisibles que son aplicables a estructuras que son analizadas por procedimientos convencionales de análisis lineal y elástico. La determinación de los efectos de las cargas (deformaciones, fuerzas, momentos, etc.) en los elementos de las estructuras debe analizar con hipótesis consistentes y con los métodos aceptados en la ingeniería.

Los esfuerzos admisibles están basados de acuerdo a las normas del comité Panamericano de Normas Técnicas (COPANT) y de la INBAR, ESTÁNDAR FOR DETERMINATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAMBOO Y EL MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO PADT REFORT.

Se han ensayado un número confiable de probetas para obtener el esfuerzo último de lo siguiente:

- Tracción paralela a la fibra

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- Compresión paralela a la fibras
- Corte paralelo a las fibras
- Flexión

Valores de Diseño por Esfuerzo Admisible a Tracción

El esfuerzo resistente en condiciones ultimas es el que corresponde al límite de exclusión del 5% es decir se espera que de toda la población de la guadua existente solamente el 5% tenga una resistencia menos. Aunque en algunos países se toman límites más bajos, como el 2.5% y hasta el 1% el 5% es el valor más utilizado en investigaciones recientes.

Ordenemos los resultados en forma creciente, el valor que define el límite de exclusión del 5% es el ensayo numero $0.05 * n$ donde n es el número de muestras ensayadas, que en nuestro caso son 12.

$$\text{Límite de exclusión} = 0.05 * 12 = 0,6 = 1$$

Dónde:

El esfuerzo último corresponde al valor más bajo registrado en los ensayos

$$\mu = 49.17 \text{ MPa}$$

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

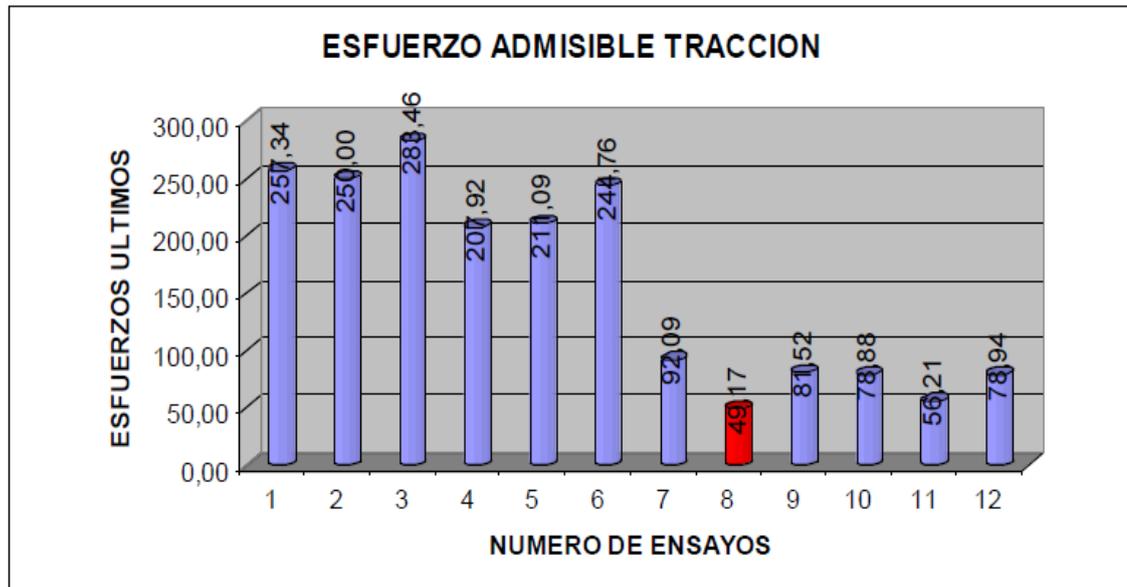


Imagen 2.25 Esfuerzo Ultimo Menor en Probetas de Latilla (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

Para determinar el esfuerzo admisible se debe reducir el esfuerzo último con varios factores de seguridad, en el caso de tracción:

Factor de Servicio y Seguridad (Fs)

Como el diseño se efectúa para condiciones de servicio, los esfuerzos últimos deben ser reducidos también a estas condiciones por debajo del límite de proporcionalidad. Esto garantiza un comportamiento adecuado de las estructuras en condiciones normales, así como la validez de las hipótesis de comportamiento lineal y elástico.

Los esfuerzos en condiciones de servicio se obtienen dividiéndolos correspondientes esfuerzos últimos entre unos factores de seguridad y servicio que considera las incertidumbres respecto a:

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

1. Conocimientos de las propiedades del material y su variabilidad
2. La confiabilidad de los ensayos para evaluar adecuadamente las características resistentes del material
3. La presencia de defectos no detectados al momento de la clasificación visual.
4. El tipo de falla, frágil o dúctil, que pueda presentarse al sobre-esfuerzo del material.
5. La evaluación de las cargas aplicadas y la determinación de los esfuerzos internos producidos por estas cargas en los elementos estructurales.
6. Dimensiones reales de los elementos con respecto a las supuestas en el análisis y diseño.
7. Calidad de falla en función de la importancia del elemento o de la edificación y su relación con vidas humanas.
8. El aumento de las cargas por posibles cambios en el destino o uso de la edificación.
9. El riesgo de falla en función de la importancia del elemento o de la edificación y su relación con vidas humanas.
10. El aumento de las cargas por posibles cambios en el destino o uso de la edificación.

Para nuestro caso se ha tomado un FS de 1.20 para exigir que el material trabaje por debajo del límite de proporcionalidad este valor es tomado de la investigación de Luis Felipe López Muñoz DISEÑO DE

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

UNIONES Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE GUADÚA

Colombia, 2002

Factor de Duración de la Carga

Los esfuerzos de rotura disminuyen con la duración de la aplicación de la carga.

Tradicionalmente se han considerado por este concepto factores de reducción tan altos como 1.78

Para niveles de esfuerzos correspondientes al límite de exclusión del 5%, la reducción encontrada es del orden del 14%. Para esfuerzos del orden de los esfuerzos admisibles es razonable esperar reducciones aun menores, de ahí que algunas investigaciones propongan su eliminación definitiva.

Para nuestra investigación el factor de duración de la carga es tomado como un FDC de 1.15 como se indica en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.

EC. (2.11)

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{FS * FDC} * \mu$$

Dónde:

σ_{adm} = Esfuerzo Admisible por Tracción MPa

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

FS = Factor de servicio y seguridad

FDC = Factor de duración de la carga

μ = Esfuerzo último de Tracción MPa

Cálculo:

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{1.20 * 1.15} * 49.17$$

$$\sigma_{adm} = 35.63 \text{ MPa} \quad \sigma_{adm} = 363.57 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Este valor de esfuerzo admisible a tracción es aplicable solo a latas de guadua, para el caso en el que se tenga elementos de guadua entera sometidas a tracción el análisis se concentrara en la unión.

Valor de diseño por esfuerzos admisibles a compresión

De la figura a continuación, obtenemos el valor del esfuerzo último para el 5% percentil correspondiente a una resistencia de $u = 25,56 \text{ MPa}$

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

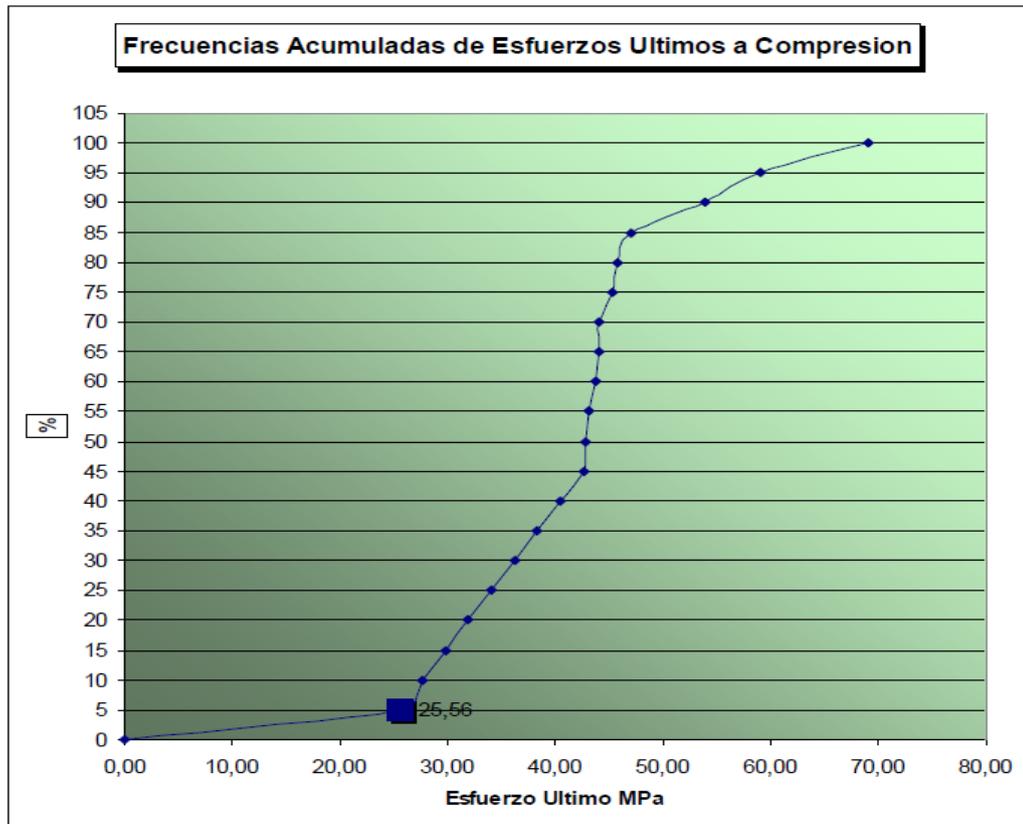


Imagen 2.26 Frecuencia Acumulada de Esfuerzos Últimos a Compresión (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

Para determinar el esfuerzo se debe reducir el esfuerzo último con factores de seguridad.

- 1. FS** Factor de servicio y seguridad, mediante el cual se busca exigir el material por debajo del límite de proporcionalidad, $F_s = 1.6$ tomando de la tabla 7.3 del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.
- 2. FDC** Factor de Duración de la Carga, $FDC = 1.25$ tomando de la tabla 7.3 del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

EC. (2.12)

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{FS * FDC} * \mu$$

Dónde:

σ_{adm} = Esfuerzo Admisible por Compresión en MPa.

Fs = Factor de servicio y seguridad

FDC = Factor de Duración de la Carga

μ = Esfuerzo último de Compresión MPa al 5%

Cálculo:

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{1.6 * 1.25} * 25.56$$

$$\sigma_{adm} = 13 \text{ MPa} \quad \sigma_{adm} = 132.68 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Este valor de esfuerzo admisible a compresión aplicable a probetas de altura de dos veces el diámetro externo como se realizó en el laboratorio.

Valor de diseño por esfuerzos admisibles a esfuerzo cortante

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Utilizando el mismo criterio anterior que para el valor de diseño a tracción, en el cual, el esfuerzo resistente en condiciones ultimas es el que corresponde al límite de exclusión del 5%

$$\text{Límite de exclusión} = 0.05 * 12 = 0.6 = 1$$

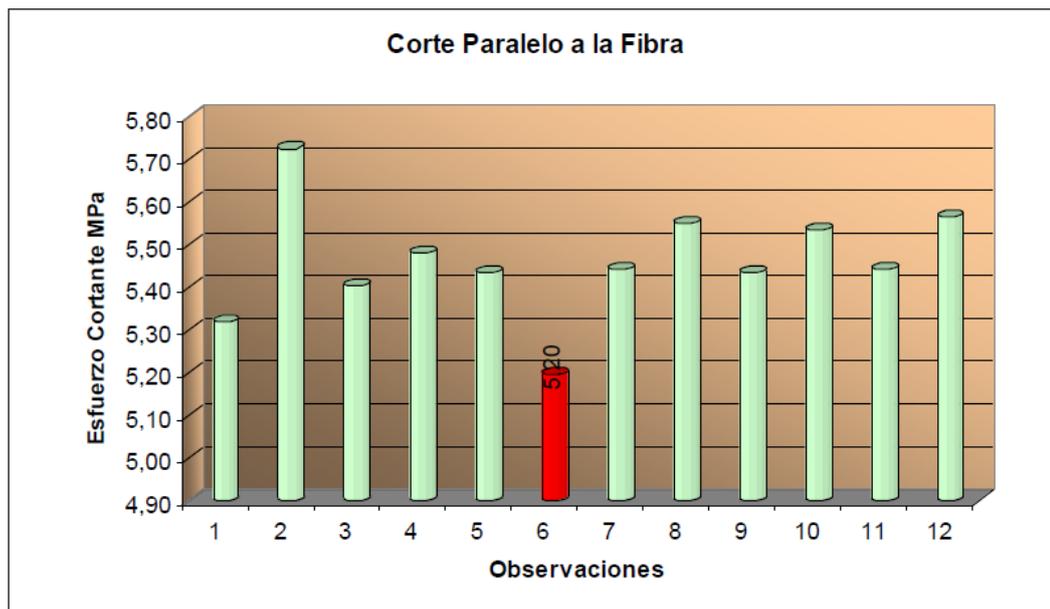


Imagen 2.27 Corte Paralelo a la Fibra en el Menor Lado (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

Es decir, el esfuerzo último corresponde al valor más bajo reajustado en los ensayos $\mu = 5,20$ MPa

Para determinar el esfuerzo admisible a corete se debe reducir el esfuerzo ultimo con un factor de seguridad y servicio $FS = 4$ tomando de la tabla 7.3 del Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Tabla 7.3 FACTORES DE REDUCCION CONSIDERADOS				
	Flexión	Compresión Paralela	Corte Paralelo	Compresión Perpendicular
FC	0,8			
FT	0,9			
FS	2	1,6	4	1,6
FDC	1,15	1,25		

Tabla 2.13 Factores de Reducción Considerados

EC. (2.13)

$$\tau_{adm} = \frac{1}{FS} * \mu$$

Dónde:

τ_{adm} = Esfuerzo Admisible por Corte en MPa.

Fs = Factor de servicio y seguridad

μ = Esfuerzo último de Corte MPa al 5%

Cálculo:

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$\tau_{adm} = \frac{1}{4} * 5.20$$

$$\tau_{adm} = 1.3 \text{ MPa} \quad \tau_{adm} = 13.26 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Valor de diseño admisible a esfuerzo de flexión

Los parámetros de diseño para las probetas fueron el no utilizar probetas de menos de 1.5 metros, para prevenir el aplastamiento esto quiere decir debido a que en probetas cortas, no se alcanza la flexión pura, ni mayores a 2.5 metros y además debían tener un número mayor a cuatro nudos para que los dos de los extremos en los apoyos y los dos centrales para la aplicación de la carga. Los resultados obtenidos se pueden ver en el siguiente cuadro.

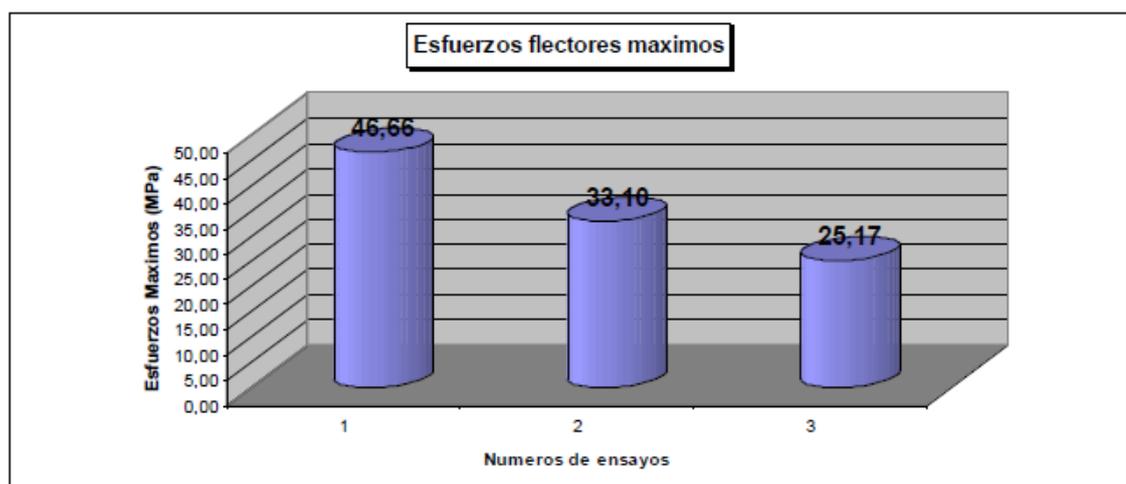


Imagen 2.28 Esfuerzo Flector Máximos (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Se muestra la distribución de las resistencias de los ensayos disponibles de flexión, se observa que los datos tienen una tendencia en función de su diámetro y longitud así que tomaremos el valor del esfuerzo menor por la exclusión del ensayo como lo hemos hecho anteriormente.

EC. (2.14)

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{FS * FDC} * \mu$$

Dónde:

σ_{adm} = Esfuerzo Admisible por Flexión en MPa.

Fs = Factor de servicio y seguridad

FDC = Factor de Duración de la Carga

μ = Esfuerzo último de Flexión MPa al 5%

Cálculo:

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{2 * 1.15} * 25.17$$

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$\sigma_{adm} = 11 \text{ MPa} \quad \sigma_{adm} = 111.67 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

**RESUMEN DE ESFUERZOS ADMISIBLES EN LA GUADÚA
ANGUSTIFOLIA KUNTH**

ESFUERZOS ADMISIBLES (Mpa)			
GRUPO	FLEXIÓN	TRACCIÓN PARALELA	COMPRESIÓN PARALELA
A	21,00	14,50	14,50
B	15,00	10,50	11,00
C	10,00	7,50	8,00
Guadúa angustifolia Kunth	11,00	35,63	13,00
Guadúa angustifolia Kunth (Kg/ cm2)	112,25	363,57	132,65

Tabla 2.14 Esfuerzo Admisible Guadua A. en Comparación con el Grupo de Maderas
(Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

MODULOS DE ELASTICIDAD (Mpa)		
GRUPO	E min	E promedio
A	9500	13000
B	7500	10000
C	5500	9000

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Guadúa angustifolia Kunth	9900	11900
Guadúa angustifolia Kunth (Kg/ cm2)	101020	121429

Tabla 2.15 Modulo de Elasticidad en Comparación con el Grupo de Maderas (Fuente Cobos, León ESPE, 2007)

CAPITULO III

PRODUCTOS DERIVADOS DE LA GUADUA APLICABLES EN CONSTRUCCION

3.1 ANTECEDENTES

El presente capitulo realiza un estudio sobre el efecto de combinar factores, actualmente utilizados en un proceso de fabricación, de productos derivados de la Guadua Angustifolia Kunth. Estos factores corresponden a las características del material, como las variedades presentes en el proceso.

Una de las metas de este capítulo es la validación del proceso de fabricación de productos derivados de la Caña Guadua, optimizar los factores de fabricación, sin descuidar el control en su aplicación.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La guadua presenta un sinnúmero de aplicaciones en la vida diaria. En los lugares donde crece guadua, los pobladores la han utilizado para la elaboración desde instrumentos musicales, utensilios para el hogar, artesanías, muebles, herramientas, hasta infraestructura agropecuaria

La guadua forma parte del arraigo cultural de algunos pueblos latinoamericanos que la emplean en la fabricación de instrumentos musicales, en fiestas tradicionales y en ceremonias religiosas.

Hoy día, las artesanías y los muebles de guadua presentan diseños modernos e innovadores y además son una gran fuente generadora de empleo. Las artesanías de guadua acompañan a la industria del turismo, y día a día se convierten en productos exportables con alta demanda. Es indispensable secar e inmunizar la guadua de acuerdo con las exigencias internacionales del mercado para garantizar la calidad del producto y asegurar la demanda.

Colombia es un referente en lo que respecta a la actividad comercial con la guadua. El manejo de este recurso le ha generado beneficios directos e indirectos a aprovechadores (guadueros), transportadores, agricultores, artesanos, constructores, industriales y propietarios, entre otros, lo que le ha ocasionado una demanda creciente en su mercado nacional y una proyección al internacional. Esto es lo que queremos implementar en el Ecuador, por todas las ventajas es necesario involucrar la guadua en los sistemas de producción agrícola sostenible, continuar avanzando en su

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

investigación e industrialización, y convertirla en una alternativa económica viable que beneficie principalmente a las comunidades rurales.

Las ciudades crecen rápidamente con el incremento de la población rural que inmigra en busca de las oportunidades perdidas en los campos, como resultado de la falta de atención de los gobiernos a las áreas campesinas.

Así, se producen fenómenos de desmedido crecimiento del número de habitantes de las ciudades, originándose desordenados asentamientos humanos, desprovistos de todo servicio básico.

Esta nueva población "urbana", trata de resolver por sí misma el álgido problema de la habitación, invadiendo las periferias de las ciudades, y que en su desesperación por adquirir el "Derecho de Posesión", levantan rústicas viviendas, donde la guadua, es el material más barato, liviano y adecuado para la construcción de éstas precarias ciudades, olvidando al hacerlo, la maravillosa tradición y cuidado que ponían cuando las edificaban en sus campos de origen, convirtiéndose estos nuevos barrios en símbolo de miseria y pobreza del país.

Los materiales básicos de éstas viviendas son; la caña guadua en sus múltiples formas para pisos, paredes, estructura de cubierta, etc.; la madera para cimientos, estructura de piso, puertas y ventanas así como otros materiales industrializados como el zinc, asbesto, cemento, etc.

Los habitantes de estos asentamientos marginales sufren drásticos cambios no solo en su hábitat, sino también en su cultura,

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

introduciéndose a la civilización del hierro y del cemento, propias de las grandes urbes, donde el uso de materiales de construcción convencionales son sinónimo de desarrollo y alta tecnología.

Esta nueva cultura acepta a las edificaciones de caña o materiales tradicionales como "Emergentes" o "Transitorias", hasta que se puedan sustituir por algo más "Duradero" y "Confortable", esperanzas de un ilusionado progreso que casi nunca se hace realidad.

La incorrecta utilización de la caña guadua en los asentamientos marginales, ha contribuido a que este material sea sinónimo de miseria y atraso ante la opinión pública y en especial ante los profesionales de la construcción, donde existe un total desconocimiento de las características botánicas, y mecánicas del vegetal, así como de su adecuado uso.

Este antecedente, acompañado de un malentendido desarrollo que abaliza técnicas nuevas y extrañas, antieconómicas e incompatibles con la capacitación de nuestros obreros, nos lleva a la necesidad de revalorizar los materiales y técnicas tradicionales, mediante un proceso de mejoramiento de los sistemas constructivos que les permita ser utilizados, y aceptados en nuestro medio.

Retomar la guadua como material de construcción, mejorar las metodologías de construcción tradicionales, son acciones indispensables para solucionar el déficit de vivienda existente.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La correcta utilización de la caña guadua como material de construcción y la fusión entre la tecnología nativa y nuevos sistemas constructivos, pueden brindar soluciones óptimas al alcance no sólo de las comunidades de menores recursos, sino a todo tipo de usuario.

Esta fusión de tecnologías es el resultado de investigaciones y experiencias, las cuales han evolucionado a partir de sus aciertos y defectos.

Factores como el desconocimiento del adecuado uso de la guadua, los intereses de transnacionales y de los monopolios de producción de materiales convencionales, las leyes y ordenanzas de construcción locales, la poca apertura de las instituciones viviendísticas y universitarias del país, entre otras causas han contribuido a que sistemas constructivos no convencionales no se hayan masificado, para así solucionar un gran problema social del Ecuador como es, el de la vivienda.

La guadua se desarrolla a una altitud del nivel del mar hasta los 1100 msnm y la mayor producción está en zonas con precipitaciones entre 1800 y 2200 mm de lluvias. En el Ecuador, la producción de la guadua se encuentra en la región costera. La población con mayor densidad de guadua es la de Los Ríos ya que corresponde el 8% del total con relación a las zonas de producción en el país.

La guadua crece por pequeñas áreas denominadas manchas. Los rangos del tamaño de las manchas van desde 100 metros hasta 10 hectáreas.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Mientras menos es el tamaño de la mancha mayor será el número de guaduas.

3.2 LÍNEA DE PRODUCTOS PARA ACABADOS

Por sus fibras naturales fuertes, a partir de la Guadua, se pueden desarrollar productos tanto a nivel artesanal como industrial. En este último se encuentra una gran variedad de productos: paneles, aglomerados, pisos, laminados, esteras, pulpa y papel, etc.

A esto se suma la búsqueda constante de las industrias por obtener mejores productos y poder ofertarlos en el mercado. Para lograrlo, emplean técnicas ingenieriles que le permitan mejorar la calidad, reducir costos, disminuir tiempos de proceso, sustituir materiales, modificar métodos de fabricación e incluso diseñar nuevos productos.

En la actualidad, Ecuador presenta su alternativa de innovación en la industria de la construcción, mediante la fabricación de productos derivados de la Guadua. Estos productos, que guardan cierta similitud con los laminados, se fabrican a partir de secciones transversales con diferentes longitudes, pegadas y prensadas, su característica se logra mediante la determinación de propiedades físicas y mecánicas.

La realidad de nuestro País, que no cuenta con información al respecto, surge la necesidad de realizar una investigación sobre la validación de

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

parámetros (factores), que influyen en el proceso de fabricación de productos derivados de la Guadua. La investigación tiene incidencia en la mejora y optimización tanto del proceso productivo como los productos obtenidos, además de potenciar en el país el uso de la Guadua, que a pesar de los prejuicios, está caracterizado a nivel mundial como un recurso ecológico, renovable, rentable, accesible, versátil, liviano y resistente a esfuerzos físicos – mecánicos

Los beneficios expresados en la mejora repercuten en la obtención de productos de calidad y bajo costo, empleando un proceso productivo donde la operaciones de transformación de la Guadua, representen en menor grado el consumo energético, la generación de desperdicios y afectación al ambiente, además otorguen al producto las características necesarias para culminar con los requisitos que demanda el cliente.

Desde el punto social, esta investigación se justifica por la propuesta de una mejor alternativa de producción de productos derivados de la Guadua, que con su uso se contribuye a la construcción de viviendas más dignas en el país.

En el aspecto científico, esta investigación genera reflexión y discusión entre el conocimiento existente sobre la Guadua, y aquel que se genera de esta investigación. De manera conjunta, la aplicación de la Ingeniería de la Calidad con la producción de los derivados de la Guadua, nos da a

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

conocer la interacción de los parámetros de fabricación, que no han sido considerados en trabajos de investigación en el país.

Desde el punto de vista metodológico, esta investigación propicia la aplicación de un nuevo método para generar conocimiento válido y confiable dentro del área de Diseño y Producción de nuevos productos.

En cuanto a su alcance, la investigación permite la apertura de nuevos caminos para entidades con fines educativos y productivos, interesados en la innovación con productos similares, sirviendo como marco referencial. Además de sentar las bases para otros estudios que surjan partiendo de la problemática aquí especificada.

3.3 APLICACIONES DE LA CAÑA GUADUA

Varias obras literarias sobre Guadua mantienen que esta tiene un sin número de aplicaciones en la vida diaria del ser humano. (Villegas González, Comparación consumos de Recursos Energéticos en la construcción de vivienda Social vs concreto 2005) redacta en su obra las aplicaciones de la Guadua en la vida del poblador rural, desde instrumentos musicales, utensilios para el hogar, artesanías, muebles, herramientas hasta infraestructuras agropecuarias. Morán (2006) explica que el hombre puede hacer con el bambú todo lo que se pueda imaginar. Entre ellos, medicinas, alimentos, tejidos para ropa, refrescos, cerveza, aviones, jabones, carbón activado, muebles, viviendas, papel, artesanías, etc.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Ecuador y Colombia, han mantenido una cultura de la Guadua en innumerables campos. Colombia, a partir del terremoto en el eje cafetero (1999), la ha utilizado tradicionalmente en construcciones de interiores y exteriores de fincas y viviendas, por innovación, los laminados la construcción y artesanías presentan mayor proyección en la economía de este país.

Ecuador, en la región costa los campesinos no solo utilizan la Guadua en sus viviendas, sino en objetos de uso cotidiano en el hogar, campo, pesca, cacería entre otros menesteres.

Así, la mayor aplicación está en la industria de la construcción. Actualmente se utiliza de la producción de la Guadua laminada, de donde se derivan los pisos del mismo material (Morales, ESPOL, Validación de Parámetros para la Fabricación de Productos Derivados del Bambú, Especie Guadua *Angustifolia* Kunth, como Elementos Estructurales, Mediante la Aplicación de Diseño de Experimentos, 2010.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



Imagen 3.6 Pisos Laminados de Guadua (Fuente Morales, ESPOL, 2010)

3.4 PRODUCTOS DE GUADUA

Originario de China, el Moso Bambú brinda permite a la industria obtener una variedad de transformaciones de la especie, convertidos en productos, que incluyen productos como:

- Bambú diseñado para piso (Bamboo Engineered Flooring)



Imagen 3.7 HDF Engineered Strand Flooring TZHDF(Morales, ESPOL, 2010)



Imagen 3.8 Natural Horizontal Engineered Click NHE01(Morales, ESPOL, 2010)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Estos paneles de bambú en el mundo, especialmente utilizados en pisos, cada vez tiene mayor demanda porque presentan la textura del mármol y la elegancia de la madera, además son fuertes, suaves, limpios, antideslizantes y resistentes a la humedad.

Alemania actualmente cubre la demanda representada por más de veinte países, con pisos de bambú, tablillas, enchapes, de hasta 0.2 mm de espesor, fibra de bambú para la industria de ropa y fibra de bambú para la industria automotriz.

En América, la producción del bambú laminado, ha tenido resultados no favorables a la industria. A pesar de cuantiosas inversiones de gobiernos y empresas de Ecuador, Colombia, Brasil y otros países, la producción de éstos representa altos costos por la mano de obra requerida, la transformación, y sobre todo, el consumo de energía y la generación desperdicios. En consecuencia, al llegar al mercado, son más generosos que los que se importan de Asia. Lo que disminuye la demanda, e impide la continuidad de su fabricación.

Previo al desarrollo de un proceso, es necesario definir el producto que se pretende producir, la materia prima, herramientas y equipos a utilizar.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Mediante la lista de materiales se pueden detallar la materia prima, los componentes, subcomponentes y las cantidades requeridas para la producción de un producto.

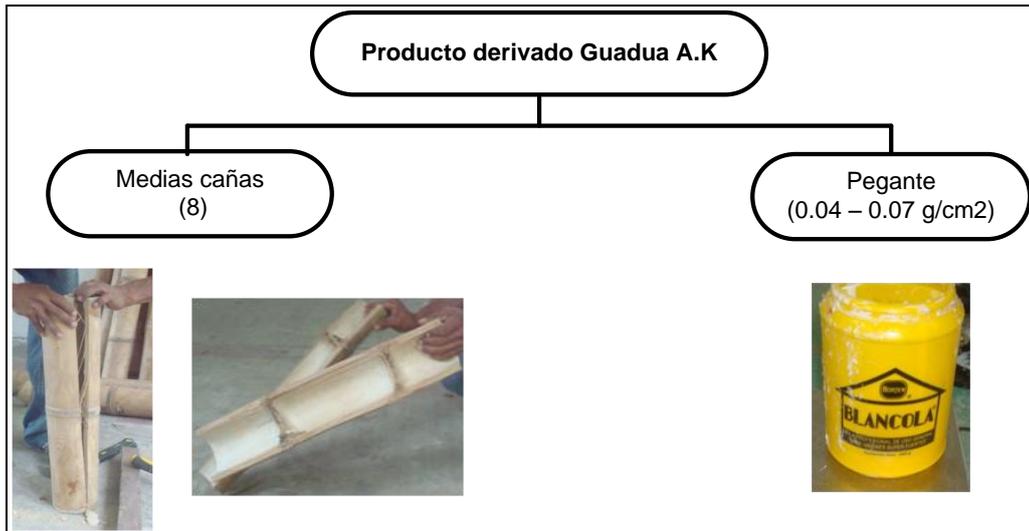


Imagen 3.4 Lista de Materiales- Producción de Derivados de la Guadua (Fuente Morales, ESPOL, 2010)

Las herramientas y equipos utilizados en las operaciones de preparación de materia prima, fabricados y acabados del producto, se detallan en la siguiente tabla.

Lista de herramientas y equipos para producción derivados de Guadua

Herramientas / equipos	Fotografía
Escuadra	
Sierra de mano	

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Rodillo/brocha	
Prensa hidráulica	
Lija	

Imagen 3.5 Lista de Herramientas y Equipos para Producción Derivados de Guadua (Fuente Morales, ESPOL, 2010)

3.4.1 Proceso Actual

Como entradas y salidas de un proceso, se consideran aquellos factores y variables necesarias para cumplir con el objetivo del proceso de fabricación.

El proceso requiere inicialmente del ingreso de la materia prima, es decir, medias cañas Guadua y adhesivo; en conjunto esta materia prima involucra factores como el tipo de adhesivo, luego de cosecha, edad, tipo

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

de secado, tipo de preservación, contenido de humedad y parte a utilizar de la caña, considerados, entre otros factores importantes en el proceso.

De acuerdo al procedimiento, se utilizan herramientas y un equipo para la fabricación de los derivados de la Guadua. Herramientas manuales como sierra, lijadora, escuadra, etc., que no derivan algún tipo de control en la aplicación.

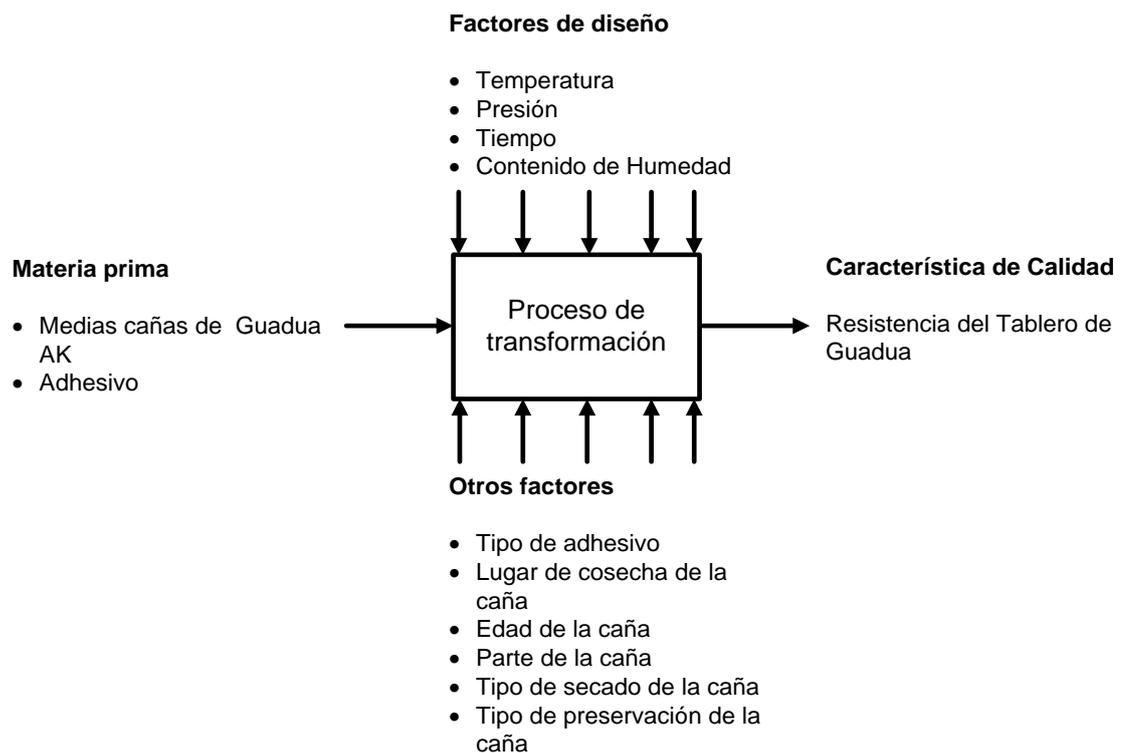


Imagen 3.6 Entradas y Salidas del Proceso Actual (Fuente Morales, ESPOL, 2010)

Finalmente, la transformación de los factores antes descritos se traduce a la obtención del producto final, el tablero de Guadua. La característica de calidad es su resistencia mecánica.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La representación de las entradas y salidas del proceso actual:

1. Recepción: Se representa las medias cañas de Guadua procesadas en el campo.
2. Selección: Se seleccionan las medias cañas, de acuerdo a características adecuadas, es decir: longitud, diámetro y espesor.
3. Presentación y Aplastado: Se colocan las medias cañas, con la concavidad hacia abajo en la prensa fría y aplicada presión hasta su aplastamiento total.
4. Unión: las medias cañas se unen en piezas de manera preferente no deberán coincidir sus nudos que formarán el tablero.
5. Dimensionado: Con una escuadra se fijan las medidas en las piezas de medias cañas a ser procesadas.
6. Corte Transversal: El operario realiza el corte a las piezas con la utilización de la sierra de mano.
7. Encuadrado: El operario escuadra las piezas, utilizando escuadras y sierra de mano.
8. Aplicación del Pagado: el operario aplica el pegante con brocha y/o rodillo en la parte interna de una de las piezas a unir.
9. Unión: el operario une las piezas, colocando la parte interna sin pegante sobre la que tiene.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

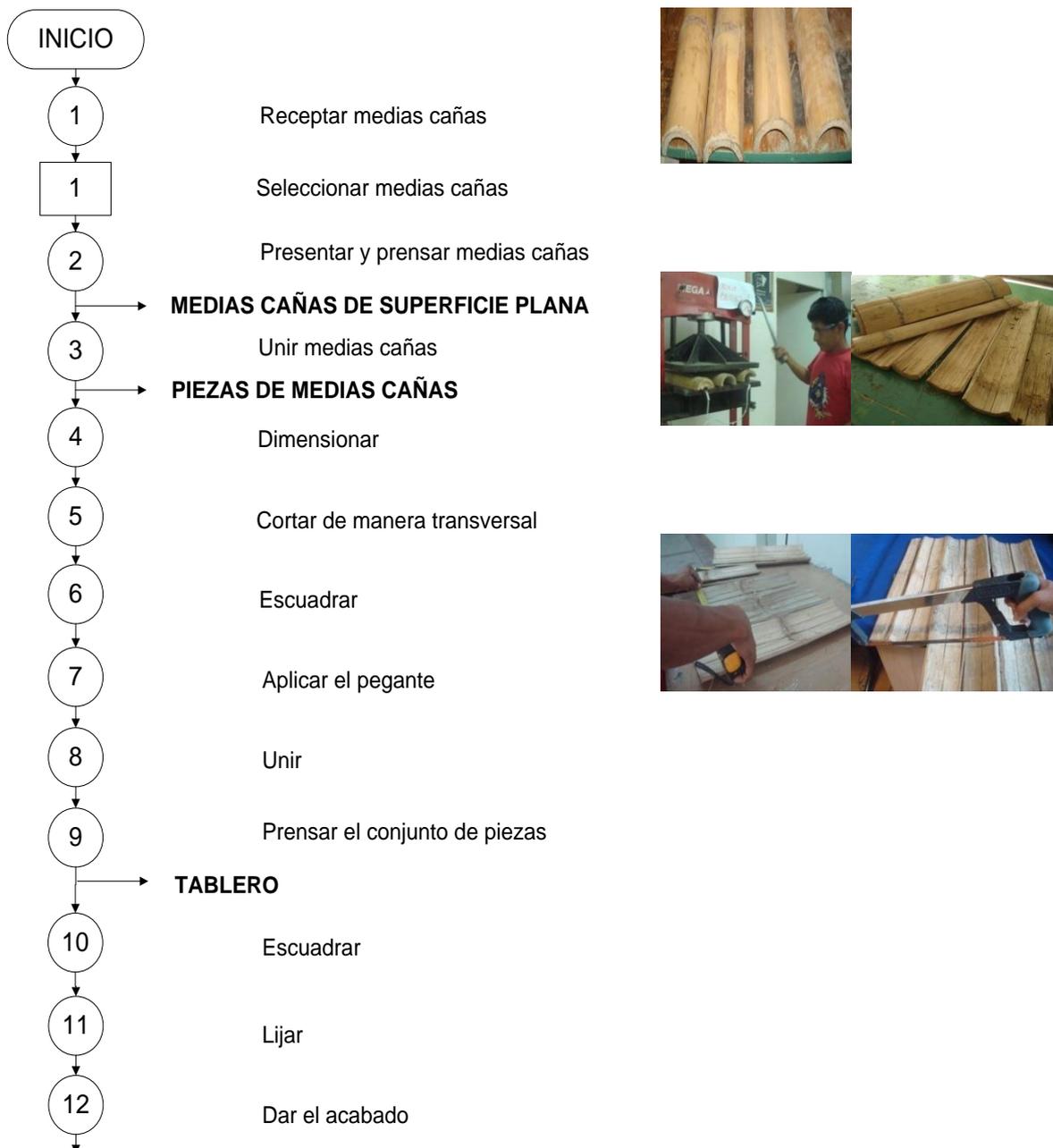
10. Prensado: Se prensa en caliente, el conjunto de piezas hasta su compactación total.

11. Escuadrado: Concluido el proceso de prensado, se procede al escuadrado del tablero, utilizado la escuadra y sierra.

12. Lijado: Una vez cuadrada el tablero, el operario lo lija.

13. Acabado: El operario aplica el acabado que requiere el tablero.

Estas operaciones se resumen en el diagrama de flujo de proceso.



PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



Imagen 3.7 Diagrama de Flujo del Proceso Actual (Fuente Morales, ESPOL, 2010)

3.5 LÍNEA DE PRODUCTOS ESTRUCTURALES

La especie *Guadua angustifolia* sobresale dentro del género por sus propiedades estructurales tales como la alta relación resistencia / peso que excede a la mayoría de maderas y puede, incluso, compararse con el acero y con algunas fibras de alta tecnología. La capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión, hace que este bambú sea un material ideal para construcciones sismo resistentes.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Ensayos Realizados Tesis ESPE	Caña Guadua	Bambú Gigante	unidades
Esf. Adm. Promedio	1608,32	1295,9	Kg/cm ²
Esf. Adm. A Compresión Promedio	493,71	1013,65	Kg/cm ²
Esf. Adm. A Compresión Promedio (20% al 80%)	121462,95	186888,61	Kg/cm ²
Esf. Adm. A Flexión Promedio	476,12	159,98	Kg/cm ²
Mod. Elast. A Flexión Promedio (20% al 80%)	112475,2	197030,12	Kg/cm ²

Tabla 3.1 Datos tomados de varias tesis de la ESPE

Con guadua se pueden levantar construcciones monumentales como el Pabellón, diseñado y construido por el Arquitecto Simón Vélez, en la feria de Hannover 2000 en Alemania, en donde prácticamente se le presento al mundo este maravilloso material. Pero con guadua se construyen sobre todo vivienda de bajo costo, lo que le ha dado la connotación de “madera de los pobres”. Las nuevas tecnologías constructivas con este material, logradas gracias a los esfuerzos de arquitectos e ingenieros ecuatorianos y colombianos, han permitido que hoy día la vivienda en guadua cumpla con los requisitos de ser de bajo costo, estética, segura y rápida. En Colombia, después del terremoto de 1999 se desarrollaron varios planes de vivienda en guadua para las personas afectadas por este sismo. En Ecuador, en 1998, después del fenómeno del Niño se construyeron hasta 80 casas diarias, prefabricadas de guadua, para mitigar el déficit de vivienda dejado por este evento natural.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El costo de construir con guadua resulta muy por debajo del costo de construir con materiales convencionales, hasta un 45% menos; de allí que este recurso se convierta en una alternativa real para ayudar a solucionar de una manera eco – constructiva los serios problemas de déficit de vivienda que afectan a la mayoría de los países de América Latina.

Se hace necesario continuar desarrollando tecnologías constructivas que simplifiquen y universalicen el uso de este material como elemento de construcción, ya que además de ser natural, renovable, de rápido crecimiento y fácil manejo, se presta para múltiples expresiones arquitectónicas.

En la industria de construcción, se define como elemento estructural a cada una de las partes diferenciadas, que vinculadas entre si componen una estructura. Su diseño y comprobación, se hace de acuerdo con los principios de ingeniería y resistencia de materiales.

Bajo esta definición, la fabricación del elemento estructural, madera laminada, ha generado en términos ambientales, una explotación despiadada de su recurso, la madera. Sin embargo en países como Asia, África, América y de manera reciente Europa, entre más de 1400 especies de bambú, la Guadua Angustifolia Kunt, es considerado como un material versátil con características físicas y mecánicas de gran desempeño en estructuras, que sustituye a la madera.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Ecuador tiene la proyección del uso de la Guadua, en forma de secciones transversales, con diferentes longitudes, pegadas y prensadas para la producción de materiales derivados de la Guadua, que representa la innovación en la construcción.

3.6 EXPERIENCIA DE PRODUCTOS DE BAMBÚ EN EL ECUADOR

La caña que crece en el Ecuador es un bambú leñoso, muy resistente y de rápido crecimiento, se le ha dado algunos usos, y los campesinos del Ecuador de generación en generación han transmitido sus conocimientos ancestrales sobre las condiciones más apropiadas para el proceso de cosecha y construcción con esta gigante gramínea.

La vivienda del litoral es la clara evidencia de que la construcción con bambú es una forma tradicional de construcción, y se ha demostrado a través de sus años, que su solución se adapta al clima y responde a las necesidades del hombre, convirtiendo sus viviendas en parte integrales del paisaje.

Se han encontrado en el Ecuador evidencias de construcciones de guadua con más de 10.000 años. El hallazgo fue hecho por la arqueóloga Karen Stothert. Con la colonización española, se produce una mezcla de materiales constructivos locales con los españoles, generando nuevas tecnologías, que incluso hoy se las conserva, muestra de esto, son las casas del Río de Guayaquil.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Con la incorporación de nuevos materiales occidentales que se impusieron en la edad moderna, materiales como la madera y la guadua quedaron relegados, y se constituyeron en materiales de vivienda popular. Muestra de esto se da especialmente en la periferia de la ciudad de Guayaquil, donde existen asentamiento de invasiones sobre brazos de mar, construyendo barros enteros de palafitos de caña, y es desde allí que se ha visto a la caña como sinónimo de miseria, marginalidad.

Por ejemplo: las viviendas de Hogar de Cristo, una institución que se dirige a los sectores más pobres de Guayaquil, provee de viviendas con las técnicas tradicionales, pero mejorando las mismas y elevando la calidad de diseños y acondicionándolas respecto al medio ambiente. Estas viviendas son muy económicas y muy prácticas, así ha demostrado que la caña guadua es un material muy generoso, y lleno de versatilidad que mejora la calidad de vida humana.

CAPÍTULO IV

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA GUADUA

4.1 ANTECEDENTE

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Desde San Ángel en México hasta el sur de Argentina, exceptuando Chile y las Islas del caribe, la guadua crece en todos los países de América Latina y en buena parte de los países asiáticos. Su uso es tan antiguo que, según el libro Nuevas técnicas de construcción en Bambú (1978), en Ecuador se han encontrado improntas de bambú en construcciones que se estima tienen 9.500 años de antigüedad.

Puentes colgantes y atirantados de impresionante precisión de ingeniería, poderosas embarcaciones así como flautas, quenás y marimbas, fueron realizados por los Incas con este recurso durante la época de pre conquista, y después de ella durante la colonia, la especie fue la encargada de proteger indios y hasta pequeños pueblos del asedio de los españoles escondiéndolos tras sus espesuras.

Colombia, Ecuador y Panamá son los países en América que registran mayor tradición de uso, de hecho en estas zonas existieron las mayores extensiones de la especie en el continente.

La guadua es considerada un recurso natural renovable de excelencia que contribuyó efectivamente a conformar el patrimonio cultural de los países tropicales de América Latina y el sudeste asiático.

La incorrecta utilización de la caña guadua en los asentamientos marginales, ha contribuido a que este material sea sinónimo de miseria y atraso ante la opinión pública y en especial ante los profesionales de la

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

construcción, donde existe un total desconocimiento de las características botánicas, y mecánicas del vegetal, así como de su adecuado uso.

Actualmente el sistema constructivo es utilizado y aceptado paradójicamente por personas o instituciones de alto nivel económico, siendo testimonio de ello viviendas residenciales, colegios, oficinas, etc.

Esta paradoja demuestra que el material bien utilizado, permite la creación de espacios de gran estética y sobrios acabados y que además brindan elevados niveles de confort con una significativa reducción de costos con respecto a otros sistemas de construcción convencionales.

La Guadua es una planta que por muchos años ha estado ligada a la idiosincrasia, cultura y economía de diferentes pueblos. Aunque no se le ha dado la importancia que se merece, su subsistencia, entre otros factores, se debe a las múltiples bondades que posee este recurso natural renovable, como son:

Conservacionista: Los Guaduales tienen efectos protectores sobre los recursos y las aguas de las cuencas hidrográficas. La guadua con su sistema entretrejido de raíces y rizomas contribuye a la recuperación y conservación del suelo, pues debajo de éste, la planta forma un sistema de redes que lo amarra fuertemente evitando la erosión y haciendo de ella, una especie muy importante como protectora de suelo de ladera.

Ecológica: Es una especie protectora de las cuencas y de las riberas de los ríos y quebradas, por su acción reguladora de la calidad y cantidad de

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

agua, que por efectos de concentración, devuelve al caudal en épocas normales y secas. Además se ha demostrado que los guaduales son captadores de Dióxido de Carbono y grandes productores de oxígeno, además ejercen efectos benéficos sobre el medio ambiente, brindando albergue a la fauna y flora asociadas.

Económica: Por tratarse de una planta perenne, con capacidad de regenerarse naturalmente, con altos rendimientos en volúmenes por hectárea, rápido crecimiento, tiempos cortos de aprovechamiento y diversidad de usos, la guadua es una especie con grandes posibilidades económicas. La guadua se presenta además, como una posible solución ante la demanda de especies maderables productoras de pulpa y en el campo de la construcción.

Cultural: Por sus cualidades físicas, disponibilidad y bajos costos, la guadua es parte inherente de la historia. La Guadua es conocida y usada desde la época precolombina hasta nuestros días, está identificada con todos los grupos humanos, por sus valores sociales, culturales, económicos y ecológicos- ambientales.

Paisajista: Como elemento paisajista es indudable el efecto purificador y embellecedor del entorno natural. Las laderas, valles y riberas convertidos en guaduales son paisajes dignos de contemplación y admiración.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Artesanal: Dada su flexibilidad, dureza, resistencia y forma cilíndrica, los tallos de guadua se han convertido en una materia prima importante en la fabricación de artesanías, muebles y multitud de enseres.

Arquitectónica: Por su resistencia, versatilidad, facilidad de manipulación, calidades físico-mecánicas, durabilidad y efecto climatizado, la guadua es un insustituible material de construcción de viviendas de toda clase y nivel social. Sus cualidades la hacen un material idóneo para estructuras sismo resistentes y como auxiliar en las construcciones de cemento.

Agroindustrial: Alrededor de la guadua se están generando nuevas industrias, como son: alimentos, producción de alcohol, fabricación de papel, laminados, aglomerados, palillos, muebles, elaboración de pisos, instrumentos musicales, artesanías y productos empresariales.

No existe la menor duda de que la guadua se encuentra entre los materiales más antiguos utilizados por el hombre y son pocas las plantas que pueden rivalizar con la versatilidad de esta importante especie. Son pocos los recursos naturales que brindan las oportunidades que ofrece la guadua.

4.2 PLAN DE MANEJO TÉCNICO DE LA PLANTACION

El plan de manejo técnico lo constituyen el ciclo de corte, la intensidad de corte y las técnicas de aprovechamiento.

4.2.1 Ciclo Vegetativo

Es el tiempo transcurrido desde la aparición del rebrote continuando con todas sus fases vegetativas hasta la inactividad total de la planta o fase de secamiento del tallo.

4.2.2 Turno

Es el tiempo transcurrido desde la aparición del rebrote hasta el momento en que es aprovechado como guadua.

4.2.3 Tiempo de pausa o de paso

Es el tiempo que permanece la guadua en determinada fase vegetativa, antes de pasar a una fase inmediatamente superior.

Los aprovechamientos técnicos se basan en la extracción de un porcentaje determinado de guaduas maduras o "hechas" únicamente, lo que implica conocer muy bien las fases de desarrollo de un gradual, fácilmente distinguibles a nivel de campo, a saber:

Rebrote o Renuevo: Esta primera fase de desarrollo del gradual comprende desde la aparición del rebrote hasta cuando llega a su máxima altura, sin presencia de ramas apicales o superiores; a veces aparecen ramas basales o ganchos. En esta fase el tallo siempre está cubierto por hojas caulinares o "capachos" tanto en su parte basal o bajera, como en su parte apical o superior. Los entrenudos son de color verde intenso y presentan dos bandas blancas en cada nudo, llamadas

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

bandas nodales, compuestas de pubescencia (pelusa). Los rebrotes nunca se deben cortar.

Guadua Juvenil o "Viche": En esta fase, el tallo elimina toda sus hojas caulinares de su parte superior y conserva las basales. Hay presencia de ramas apicales y crece gradualmente el follaje de la planta. Los entrenudos son de color verde intenso y las bandas nodales se siguen apreciando claramente. Los tallos en esta fase tampoco se deben cortar.

Guadua Adulta, Madura, o "hecha": El tallo se cubre de manchas liquenosas, se atenúan las bandas nodales y aparecen algunos musgos en los nudos, no hay hojas caulinares en ninguna parte del tallo y la guadua adquiere su mayor grado de resistencia. Por el color blanquecino se les denominan "Guaduas Rucias" y generalmente se encuentran en el interior del guadual. Son las únicas guaduas que se pueden aprovechar.

Guadua Seca: No hay presencia de follaje y los tallos son de color ocre o amarillo pálido. No se deben dejar llegar los guaduales a ese estado por cuanto en él, los tallos pierden su resistencia y además se está impidiendo la generación de chusquines o rebrotes.

4.2.4 Ciclo de corte

Es el tiempo transcurrido entre dos aprovechamientos sucesivos sobre un mismo bosque. Este depende de la posibilidad del guadual.

4.2.5 Posibilidad

Es el volumen o número de guaduas que se pueden aprovechar en un periodo determinado buscándose asegurar el máximo rendimiento sostenible. La posibilidad depende del producto deseado, de la composición estructural, de la dinámica en la regeneración natural, del turno, del tiempo de pausa y del área a aprovechar.

4.2.6 Aprovechamiento

El aprovechamiento es una práctica silvicultural de mantenimiento y mejoramiento del gradual. Puede definirse como una práctica silvicultural que procura crear condiciones favorables en el gradual, lo que implica el mejoramiento de la regeneración natural y de la composición estructural, que aseguran el máximo rendimiento sostenible. El aprovechamiento no solo pretende obtener los máximos ingresos posibles del recurso.

En los bosques de guadua, el proceso de sucesión, se puede considerar como progresivo cuando su manejo muestra el gradual en equilibrio biológico, contrario cuando se produce alguna alteración o deterioro en su estructura, producto de una intervención natural o artificial caso en el cual se considera que el gradual comienza a presentar una sucesión regresiva, lo cual puede ocasionar su completa desaparición.

Para evitar lo anterior es necesario conocer y diferenciar todos y cada uno de los elementos que conforman el gradual. Su conocimiento permite

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

aprovechamientos técnicos, además de conocer su dinámica dentro del proceso de productividad del guadual.

Entre las causas que ocasionan la llamada sucesión regresiva del guadual está el no manejo, ya que si los guaduales no se aprovechan tienden a degradarse por exceso de individuos en determinado momento y/o por disminución de la actividad biológica o dinámica del guadual.

Por lo expuesto anteriormente los guaduales deben intervenirse periódicamente para regular el espacio vital de sus individuos y para favorecer una mayor aparición de rebrotes o renuevos. En Colombia, se han realizado investigaciones sobre aprovechamientos técnicos debido a que la gran mayoría de bosques se encuentran muy densos por falta de manejo, o muy intervenidos por una explotación antitécnica.

Es necesario determinar para cada sitio, el ciclo de corte o periodo de corte a transcurrir entre un aprovechamiento y otro, y la intensidad de corte, o sea la cantidad y clase de individuos a extraer en cada ocasión, siendo esto lo que constituye propiamente el Plan de manejo técnico de un guadual.

Con el aprovechamiento técnico se busca obtener un equilibrio en el bosque, en el ambiente y que a través de él, se obtengan ingresos según el manejo sostenible del recurso.

Los planes de manejo se basan casi exclusivamente en el número de guaduas adultas o "hechas" que reporte el inventario de existencia, es

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

decir, la importancia del rodal se limita al número de guaduas aprovechables.

Los aprovechamientos comerciales se basan principalmente en el sistema de entresaca determinando la cantidad de tallos en porcentajes de acuerdo al estado de cada guadua y la edad de corte, planteándose como la ideal, cuando la guadua cambia de color, pues se pasa de verde a amarillo, siendo invadida por líquenes que le dan la tonalidad ceniza, blancuzca o “rucia”, produciéndose esta coloración aproximadamente a los 5 o 6 años de edad del tallo.

Para conocer el aprovechamiento, es necesario conocer una serie de conceptos técnicos que ayudaran a hacer aprovechamientos más racionales.

4.3 TÉCNICAS DE APROVECHAMIENTO

Para la extracción de cualquier cantidad de tallos de un guadua, es indispensable obtener la licencia de aprovechamiento y tener en cuenta que los aprovechamientos deben estar supervisados por profesionales competentes.

Una vez conocidas las fases de desarrollo del guadua se procede a realizar muestreos, donde se contabiliza el número de individuos (tallos) por cada fase de desarrollo. Esta labor se efectúa a través de parcelas de muestreo de 10 m. x 10 m. x 10 m. en cuadro.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El número de tallos a entresacar está sujeto a estudios técnicos que determinen la intensidad o índice de corte.

El aprovechamiento de los tallos debe estar dirigido a los maduros, pero dentro de esta fase se deben seleccionar los más avanzados, analizando las características ya mencionadas.

Conociendo el número de guadas maduras o "hechas" por hectárea, se puede extraer un porcentaje de este tipo de guadas. El índice de aprovechamiento generalmente es del 35% de guadas maduras. Aprovechamientos mayores implican desbalances fisiológicos del guadual y susceptibilidad a volcamientos de rebrotes y guadas jóvenes ocasionados por borrascas, vientos fuertes, vendavales y tempestades.

La entresaca debe hacerse uniformemente en toda el área del guadual y los cortes de los tallos deben realizarse a la altura del primer o segundo nudo y a ras. Se deben evitar los cortes que dejan una concavidad o "pocillo", la cual favorece depósitos de agua que ocasionan pudriciones de la planta.

Se deben cortar todos los tallos enfermos, secos en pie o secos partidos. La copa con sus ramas y demás partes no utilizables de la guadua se deben repicar y esparcir uniformemente dentro del guadual, pues su descomposición genera materia orgánica. Cuando la intervención se hace cerca de corrientes o depósitos de agua, debe evitarse arrojar desechos que obstaculicen su libre curso.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El corte de los tallos al amanecer entre las 3:00 am y las 5:00 am y en menguante, implica obtenerlos con menor contenido de humedad y menores concentraciones de carbohidratos, por lo tanto más resistentes a los ataques de insectos y hongos. Todos los tallos cortados en cualquier fase lunar, se deben dejar dentro del guadua en posición vertical aproximadamente de 20 a 30 días, luego se secan preferiblemente a la sombra.

Los cortes de los tallos se deben hacer a ras del primero o segundo nudo evitando espacios huecos en el tocón que favorezcan depósitos de agua y consecuente pudrición del rizoma.

4.4 CURADO DE LA GUADUA

El termino "curado" se emplea en algunos países de América como sinónimo de preservado, significa prevenir el escape o pérdida de los líquidos contenidos en aquellos, haciéndolos impermeables o estancos mediante el curado, lo que significa dejar el recipiente con agua o aguardiente durante algunos días

La caña guadua posee varios métodos de curado, uno de ellos es el método no químico, que no son tan eficientes como el tratamiento con preservativos, pero son los más utilizados debido a su bajo costo. Existen algunas formas de hacer el curado entre los que figura el de la mata, por inmersión en agua, al calor y al humo. Los tres últimos métodos de curado

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

no son recomendados por ser ineficientes y principalmente porque el material se mancha, agrietan o se fisura.

4.4.1 Proceso de Preservado

La guadua es uno de los recursos más valiosos de nuestro país, por su belleza, propiedades físico mecánicas, crecimiento rápido, flexibilidad e innumerables usos (muebles, artesanías, alimento, medicina, construcción e industria). Sin embargo la guadua es susceptible a ser atacada y destruida por más de 20 diferentes especies de insectos y 10 variedades de microorganismos llamados hongos.

En los últimos 15 años se han utilizado más de 300 productos entre petróleo, sales, creosotas, alquitranes, pentaclorofenoles, sales de cromo, cobre y arsénico (CCA) (CCB); estos han sido los preservadores más usados para proteger la guadua, con diferentes métodos y sistemas (inmersión, inyección, baños caliente –frio, vacío presión, entre otros).

La preservación de la guadua ha sido uno de los cuellos de botella, se puede afirmar que prácticamente cada persona que la trabaja utiliza su propio preservante y su propio método, lo que ha llevado a dificultar aún más su posición ante los diferentes sectores que hacen uso de ella y en la mayoría de los casos ni siquiera se ha utilizado ningún tipo de preservador agravando aún más la situación de la guadua.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Debido a esto y al desconocimiento de técnicas adecuadas en su manejo y utilización, es que es considerada la madera de los pobres y existe desprecio por ella.

La guadua al igual que la madera también contiene humedad, la cual es indispensable extraer, para obtener su mayor resistencia y controlar hongos y agentes que la puedan atacar. El material después del proceso de corte debe ser sometida a un proceso de secado, “en este proceso se contrae y obtiene su color amarillo, al estar seca pierde toda la savia y no es tan propensa al ataque de hongos, en este proceso se desecha casi un 20% de guadua por estar rajadas o torcidas.”

La durabilidad media natural del bambú es baja lo que significa que la vida útil de las estructuras hechas con estos materiales es generalmente corta. Una forma para extender su vida útil es a través del procesamiento y métodos de construcción que minimicen el ataque de hongos e insectos. Los métodos convencionales asiáticos tales como lavar con agua, disminuir el contenido de almidón que reduce el ataque de insectos, no superan los tratamientos y técnicas preservantes; los cuales podrían extender la vida útil de las estructuras de bambú considerablemente y aumentar así su valor económico.

El bambú es atacado por hongos y especialmente por insectos (escarabajos y termitas). Su durabilidad natural depende de las condiciones climáticas y ambientales. La vida media del bambú no tratado

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

es menor a 1-3 años cuando está directamente expuesto a la atmósfera y al suelo; bajo cobertura su expectativa de vida útil es de al menos 4-7 años o más, dependiendo de su uso y de las condiciones. Bajo condiciones favorables puede alcanzar una vida útil de más de 10-15 años.

Si se quiere hacer de la guadua un material para el diseño y la construcción, y sus productos exportables, es indispensable secarla e inmunizarla. Es necesario cambiar los sistemas de inmunización por envenenamiento con productos de alta toxicidad, por sistemas inmunizantes de baja toxicidad y alta eficiencia. Con el secado la guadua adquiere una dimensión estable, disminuye su peso aproximadamente a la mitad (pasa de 60% contenido de humedad a 12%). Las normas establecen que una pieza de madera debe tener un 12% de humedad para ser considerada seca (Villegas 2000).

Algunos insectos xilófagos que atacan la guadua alimentan sus larvas con un hongo del género *Monillia* sp., el hongo es cultivado dentro de las perforaciones o cavernas hechas en la guadua, este crece a humedades superiores al 20%. Un método de inmunización de baja toxicidad es el ahumado de la madera y de la guadua, éste es un método tradicional utilizado por diversas culturas en el mundo (Villegas 2000). También para evitar el ataque de los hongos se deben implementar técnicas arquitectónicas y de construcción que eviten el contacto del bambú con el agua.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Los culmos de bambú muestran un comportamiento refractario hacia la penetración comparada con la madera; esto dificulta los métodos más simples de preservación como la inmersión. Sin embargo, la continua demanda del mercado por material durable obliga a la aplicación de tratamientos, al acceso a instalaciones y al desarrollo de herramientas técnicas.

4.4.1.1 Preservación por Inmersión en Agua

Desde el siglo XVII y hasta fines del siglo XX, ha sido costumbre transportar las desde las zonas montañosas y selváticas de la costa del Ecuador, hacia los centros urbanos, mediante balsas de guadua. Durante el viaje, generalmente de 3 a 4 semanas, las guaduas, dicen los campesinos, (se venía curando en agua). En las comunidades indígenas ha existido la costumbre de aprovechar los esteros, remansos de ríos o cualquier depósito natural o artificial de agua, para sumergir en ellos los culmos de bambú.

El tratamiento por inmersión consiste en sumergir total o parcialmente los tallos de bambú en un depósito con preservante, según el uso final que vayan a tener. Por lo general la efectividad de este tratamiento depende del tiempo que pueda permanecer sumergido para lograr su máxima saturación. La aplicación de este sistema varía con el tipo de preservante empleado.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

La inmersión en agua consiste en sumergir los tallos en agua por un tiempo no menor de cuatro semanas. Este método es uno de los más utilizados en América.

Al transportar las guaduas por los ríos, los almidones son cometidos al lixiviado, lo que propende a su disminución y por tanto al llegar al lugar de su uso, sufren menos ataques de microorganismos e insectos.

Este método provoca manchas en la epidermis de la guadua y que un excesivo tiempo en el agua, tiene como consecuencia, la disminución de sus propiedades físicas y mecánicas.



Imagen 4.9 Preservación por Inmersión en Agua

4.4.1.2 Preservación Mediante Humo

Las técnicas de preservación mediante humo, de alimentos, maderas y guaduas, de acuerdo a las opiniones de arqueólogos y antropólogos, parecen ser las más antiguas, no solamente en América, sino en otros continentes.

La técnica de utilizar humo para la preservación, utiliza ancestralmente en el Asia, está siendo investigada e implementada por técnicos colombianos.

Se usan hornos dispuestos de manera horizontal o verticalmente con tamaños variables para capacidades entre 300-1000 guaduas aprox.

Las guaduas se perforan previamente con una varilla de media rompiendo los tímpanos para evitar rajaduras y lograr una mejor penetración del humo.

El humo se produce con una hoguera a base de madera o desechos de guadua en la parte inferior del horno. El proceso dura regularmente 14 días.

El proceso de preservación con humo es también un proceso de secado. El humo, proveniente de la combustión de materiales orgánicos, circula por una cámara cerrada que contiene las guaduas.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Debe regularse los niveles de humedad y temperatura para evitar deterioro de los bambúes. La solidificación de la lignina mejora las características físico-mecánicas.

Se obtiene un subproducto - ácido piroleñoso - (aceite o vinagre de la madera) que es utilizado en la agricultura, medicina y como base para insecticida.

• PERFORACIÓN CON BROCAS O VARILLAS 10 / 12 mm

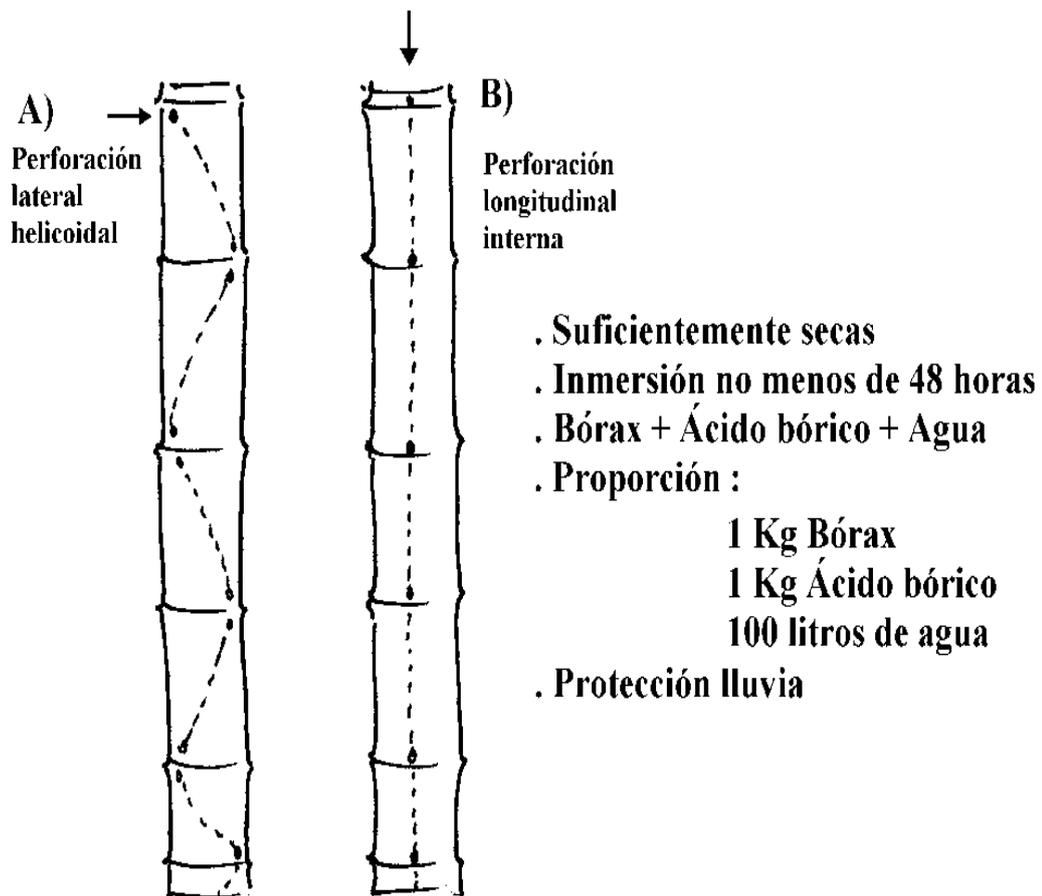


Imagen 4.10 Perforación con Brocas o Varillas 10 / 12 mm

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

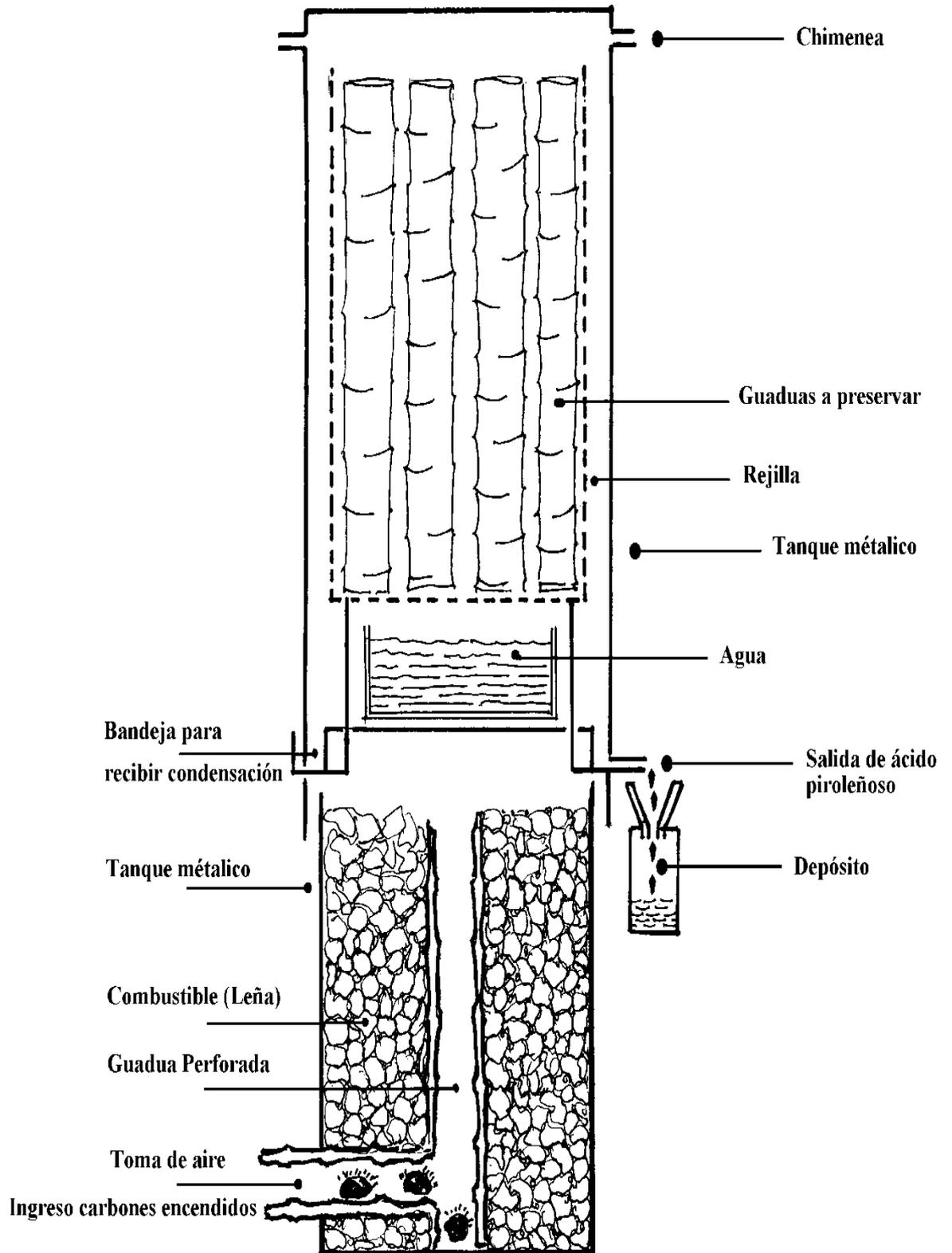


Imagen 4.11 Preservación Mediante Humo

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

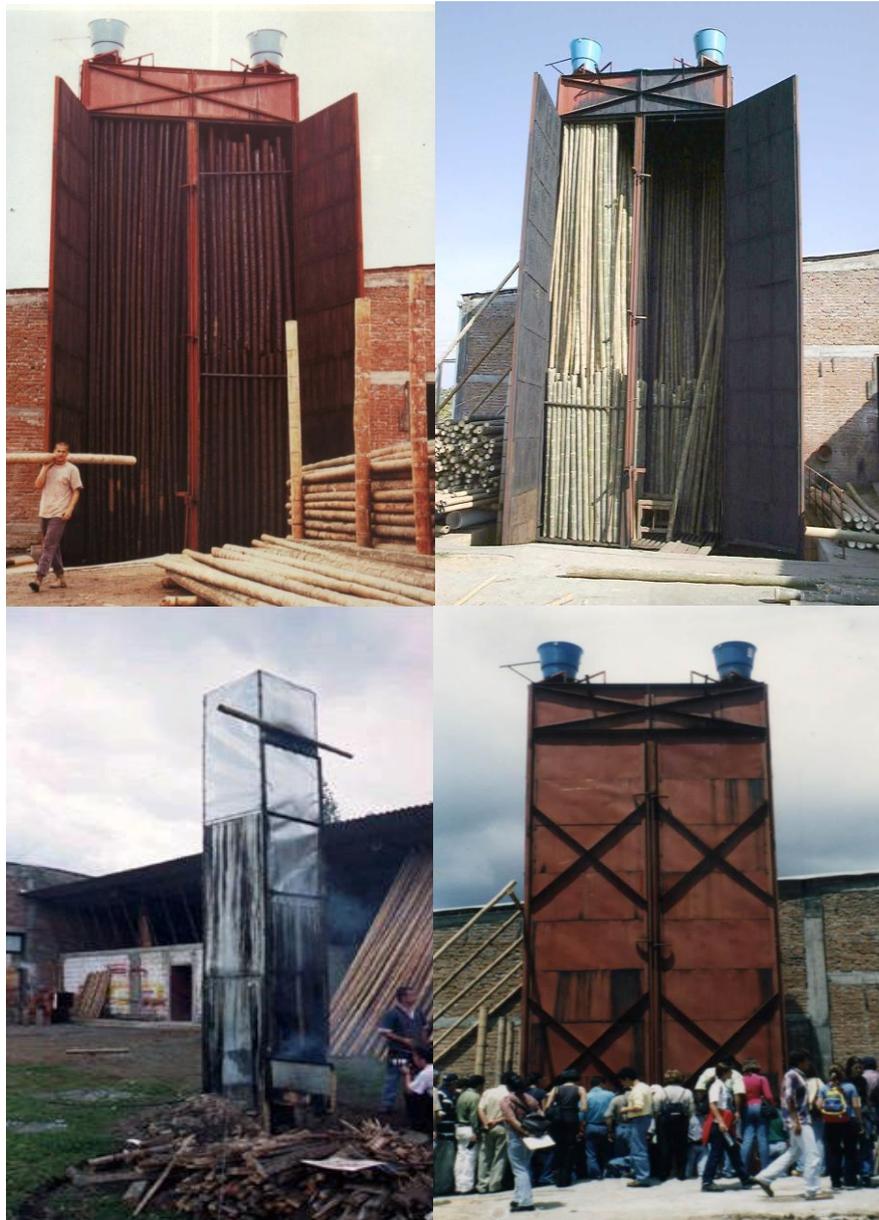


Imagen 4.12 Pasos de la preservación Mediante Humo

4.4.1.3 Preservación Mediante Recubrimiento

El recubrimiento de las paredes, formadas por bambúes abiertos, es otro método de preservación usado en América.

Para ello, utilizamos fundamentos hidróxido de calcio Ca(OH)_2 , el mismo que se obtiene a partir de la hidratación del óxido de calcio, CaO (llamado cal viva), obtenido artesanalmente en minas de calizas de la región.

El sistema, denominado blanqueo con lechada de cal, se aplica especialmente en las paredes formadas por bambúes abiertos, más conocidos como "cañas picadas" o "tablas de caña".

El recubrimiento de los bambúes con cal (Hidróxido de Calcio) es el presente, un método de preservación, de limitada aplicación en los países americanos, así como de resultados restringidos solo a las paredes o cielos rasos formados por la parte interiores de los culmos.

4.4.1.4 Preservación Método Boucherie

Inicialmente se usó en el siglo XVIII para preservar la madera de pino. Consistía en un tanque, a una altura tal que permitiera bajar el líquido por gravedad y a través de una boquilla de caucho transmitirlo a la madera.

Fue modificado implementándole presión por medio de un compresor. En los diferentes ensayos hechos en costa rica tuvieron inconvenientes con la boquilla que presentaba escape del líquido y se expandía hasta reventar además gastaba mucho tiempo en preservarla (30 min. o más).

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

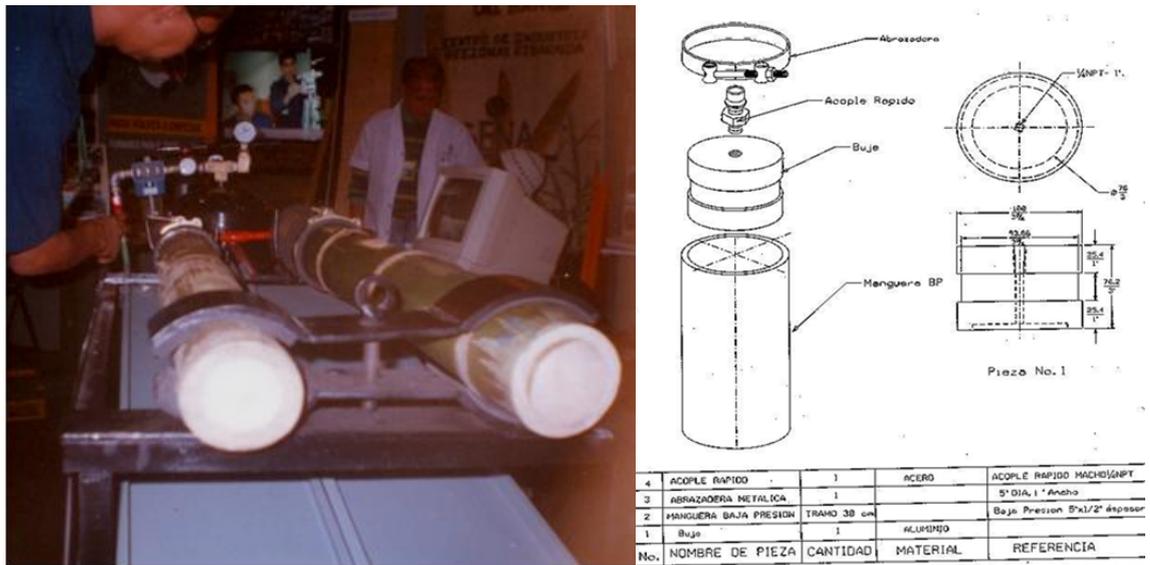


Imagen 4.13 Método Boucherie

Este método fue inventado por Boucherie en 1873. Consiste en hacer penetrar por presión hidrostática sulfato de cobre o cualquier otro preservante por un extremo del bambú; el avance del preservante empuja la savia hacia afuera ocupando su sitio. Este tratamiento se aplica en bambúes recién cortados cuya savia está todavía en movimiento (Hidalgo 1974).

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. El tubo o neumático se llena con el preservante después de lo cual se cierra su extremo superior. Una vez hecha esta operación, el bambú se coloca verticalmente de tal forma que el preservante colocado en la parte superior penetre a su interior por presión hidrostática. Es muy importante

PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

tener en cuenta que el extremo del bambú donde se coloca el tubo debe cortarse a ras del nudo; por otra parte, para evitar que el preservante salga por las zonas donde estaban las ramas, estas heridas deben cubrirse con asfalto.

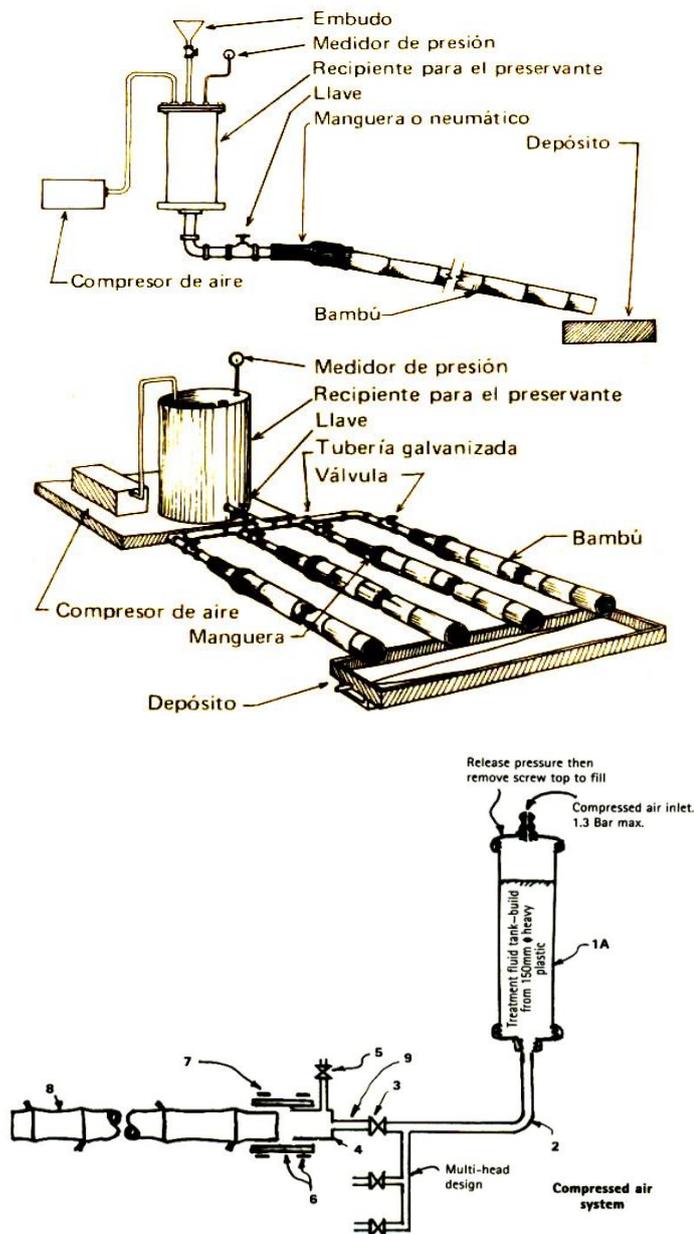


Imagen 4.14 Método Boucherie por Gravedad y por Presión

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Cuando se utilizan grandes cantidades de preservante el extremo libre del tubo o neumático puede conectarse a un depósito que se llena con el éste, 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 que este método tiene poco o ningún uso a escala comercial.

4.4.1.5 Preservación Método Boucherie Modificado



Imagen 4.15 Método Boucherie Modificado (por presión)

La modificación de este método se realizó con el objetivo de simplificar el método Boucherie y hacerlo comercialmente viable para el tratamiento a gran escala en los bosques, reduciendo el proceso de varios días a unas pocas horas. Esto se logra inyectando el preservante empujado bajo presión (10-15 libras) desde un recipiente herméticamente cerrado en

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

sustitución al flujo por gravedad. El aire a presión asegura una mayor y más rápida penetración y absorción del preservante, y elimina el problema de colocar los bambúes verticalmente.



Imagen 4.16 Inyección Bajo Presión

El método de tratamiento se aplica a bambúes de cualquier longitud que se unen al recipiente con preservante por medio de un tubo o neumático. El recipiente debe ser un tanque metálico, hermético y con varias capacidades. En la parte superior del tanque se coloca un medidor de presión y una válvula a la cual se conecta la manguera de aire que viene del compresor.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL

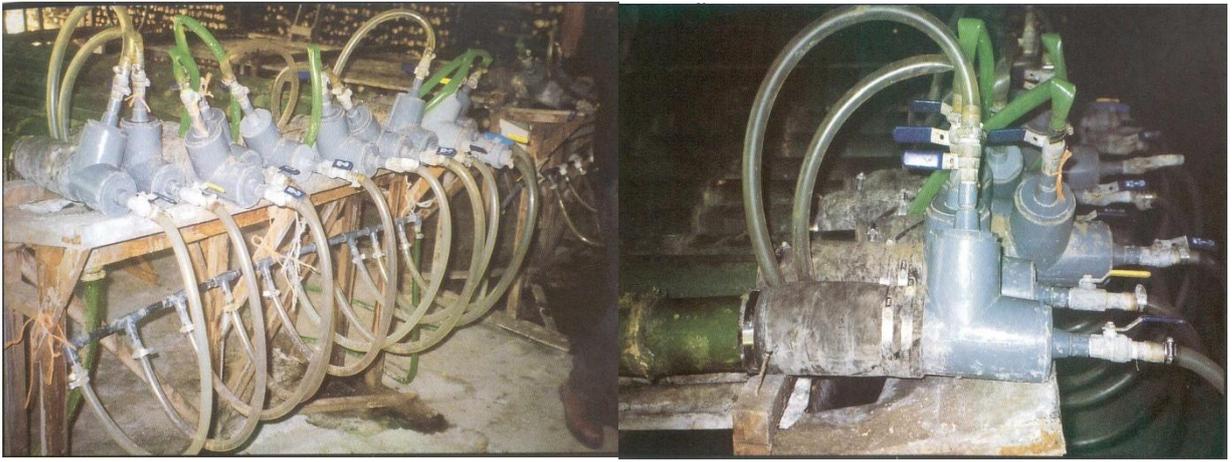


Imagen 4.17 Boucherie Modificado Equipo Requerido

En la construcción del recipiente se pueden utilizar elementos de uso común y bajo precio. Por ejemplo para el tratamiento de bambúes delgados se emplea como depósito un recipiente metálico de 1 ó 2 litros (recipiente de bolas de tenis, por ejemplo). En el fondo del tarro se suelda un pequeño tubo metálico de una pulgada de diámetro; en la parte superior se suelda una platina metálica a la cual se fija una válvula de bicicleta y un indicador o medidor de presión. Posteriormente se fija al tubo metálico inferior un tubo de caucho que sirve para conectar el extremo del bambú al depósito. Las conexiones del tubo de caucho con el depósito y el bambú pueden hacerse enrollando fuertemente un alambre galvanizado y retorciendo las puntas con un alicate.

Una vez empalmado el bambú se saca el medidor de presión y se introduce el preservante por el lugar que ocupa el medidor hasta llenar las $\frac{3}{4}$ partes de la capacidad del depósito. El llenado se facilita removiendo también la válvula; luego se colocan de nuevo la válvula y el medidor y se introducen de 10 a 15 libras de aire.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En la mayoría de los casos a los dos o tres minutos después de introducir el aire, comienzan a salir gotas de savia por el extremo opuesto (Figura 4.10); después de cinco minutos el preservante comienza a salir mezclado con savia y su color se va tornando más oscuro a medida que el preservante sale (Figura 4.11). El tratamiento se completa cuando la concentración del color del líquido que sale es igual a la del depósito.

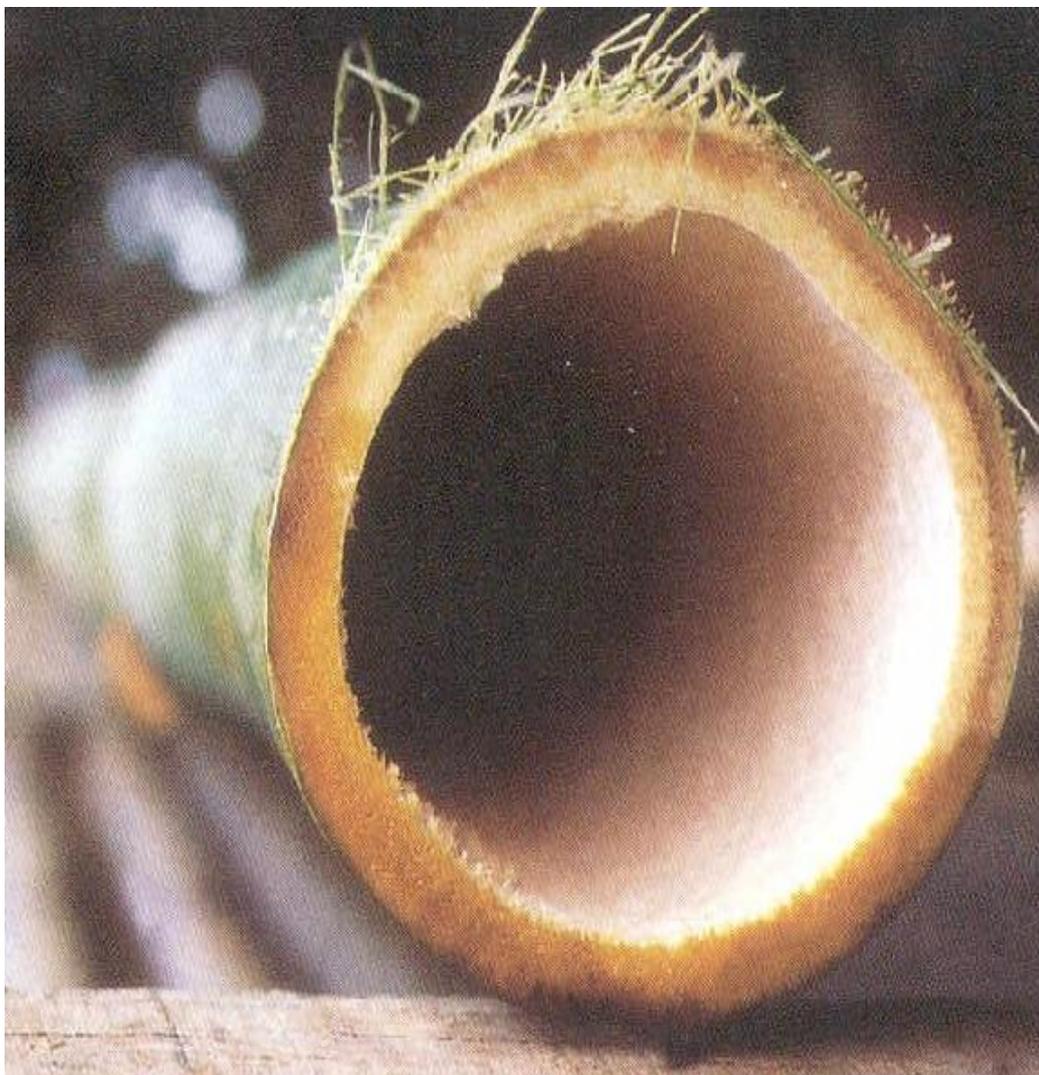


Imagen 4.18 La Savia sale por la parte más baja del culmo

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



Imagen 4.19 Líquido preservante se lo recolecta para ser reciclado

Para tratar bambúes de dimensiones más grandes o cuando se desea tratar varios postes de bambú a la vez se emplean recipientes de mayor capacidad. En este caso los bambúes se conectan por medio de una manguera a un tubo metálico ramificado unido al depósito. Las salidas para cada poste tienen llaves para cerrar el paso del preservante una vez terminada la operación o cuando no se utilizan al mismo tiempo todas las salidas.

Los siguientes preservantes y mezclas son recomendados para aplicar por el método Boucherie modificado a presión.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Mezcla	Composición	Proporción
A	pentóxido de arsénico + sulfato de cobre cristalino + dicromato de sodio	1:3:4
B	sales de Bolinden	
C	sulfato de cobre + dicromato de sodio + ácido acético	5,6:5,6:0,25
D	ácido bórico + sulfato de cobre cristalizado + dicromato de sodio	1,5:3:4
E	cloruro de zinc + dicromato de sodio	1:1
F	cloruro de zinc + dicromato de sodio	5:1,5
G	ácido bórico + borax + dicromato de sodio	2:2:0,5
H	ácido bórico + bórax	1:1
I	pentaclorofenato de sodio	
J	Composición antiséptica a prueba de fuego: ácido bórico + sulfato de cobre cristalizado + cloruro de zinc + dicromato de sodio	3:1:5:6

Tabla 4.2 Preservantes y Mezclas para el método Boucherie Modificado a presión

4.4.2 PROCESO DE SECADO

4.4.2.1 Secado al Calor

El secado al calor se realiza colocando las cañas de guadua de forma horizontal sobre brasas de madera, a una distancia apropiada, evitando que pueda ser quemada por las llamas y girándolas constantemente, este

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

proceso se debe hacer a campo abierto. Las brasas se deben colocar en una pequeña excavación de unos 30cm o 40cm.

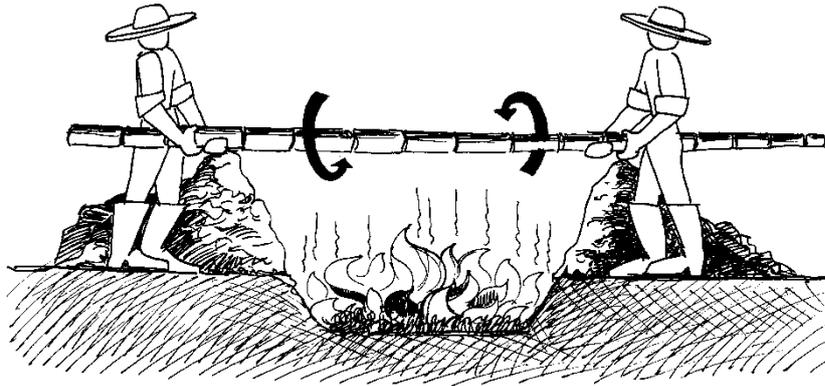


Imagen 4.20 Secado al calor

4.4.2.2 Secado al Aire

Este método consiste en apilar la guadua en cantidad suficiente en el suelo, se coloca de manera horizontal y aire libre (mejor cubierto), teniendo precaución que no tenga contacto con el suelo, sobre alguna base que impida esto.

Posteriormente después del proceso de secado, la guadua debe de someterse a un tratamiento preservativo, con la finalidad de prevenir el ataque de insectos y hongos, que son los principales agentes “enemigos”, este proceso debe de ser lo suficientemente eficiente para evitar problemas futuros en las construcciones. Su composición no deben de afectar sus propiedades físico-mecánicas, ni su color y preferiblemente debe de ser en estado líquido para que se pueda impregnar interiormente

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

donde es más vulnerable, proceso que debe realizarse estando la guadua seca o curada.



Imagen 4.21 Secado al Aire

4.4.2.3 Curado en la Mata

Una vez cortados (a nivel del suelo) los tallos y con todo el follaje, se dejan recostados lo más verticalmente posible contra los tallos no cortados, el sitio del corte debe quedar aislado del suelo colocándolo sobre piedras o soportes. En esta posición debe permanecer por un lapso de 4 a 8 semanas, después de lo cual se cortan sus ramas y hojas y se dejan secar dentro de un área cubierta y bien ventilada. Con este sistema los tallos conservan su color natural, no se rajan y no son atacados por los hongos.

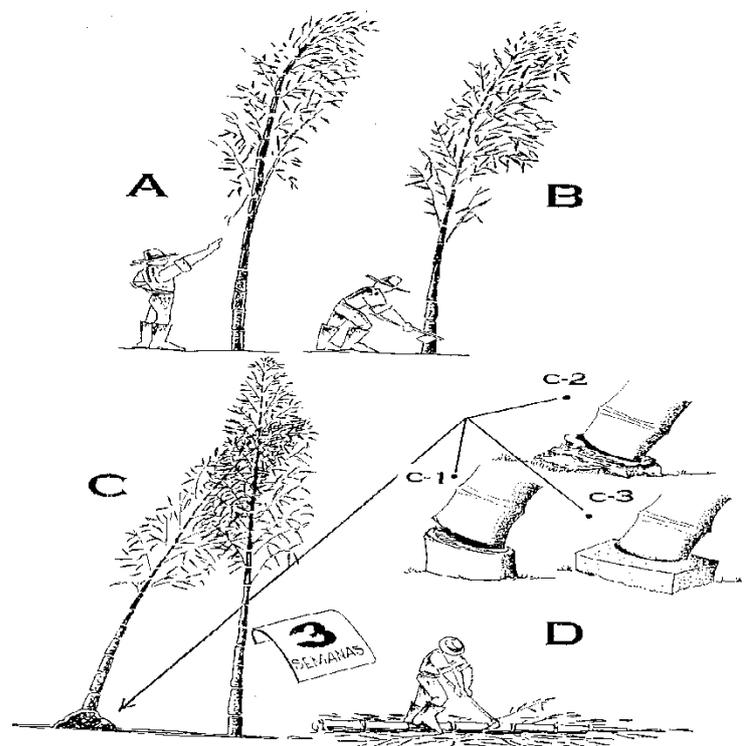


Imagen 4.14 Pasos de Curado en la Mata

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



Imagen 4.15 Curado en la Mata

4.4.2.4 En Pentaclorofenol

Se emplea principalmente en el tratamiento de elementos de bambú que permanecerán bajo tierra o en contacto con la humedad atmosférica y el agua. Por ejemplo para tratar postes se puede utilizar un baño frío, el cual consiste en sumergir los postes completamente durante 5 días en una mezcla de 5% de pentaclorofenol y petróleo combustible para diesel; posteriormente los postes deben dejarse reposar inclinados para que eliminar el exceso de preservante.

La inmersión en baño caliente y frío debe hacerse durante una hora en 5% de pentaclorofenol calentado a una temperatura de 93°C, después se pasan rápidamente a una solución fría al 5% de pentaclorofenol donde deben dejarse 12 horas (Hidalgo 1974).

4.4.2.5 En Creosota

Este tratamiento se aplica a postes que van a permanecer parcial o totalmente bajo tierra como tubos para drenajes, postes, etc. Los bambúes que van a ser utilizados como postes sólo se tratan en el extremo que estará bajo tierra, hasta 20 cm por encima de la línea de tierra. El tratamiento consiste en colocar los postes verticalmente dentro de un depósito abierto, provisto de serpentines de vapor dentro del cual se vierte aceite caliente de creosota. Los postes han de permanecer en el depósito por lo menos seis horas durante las cuales la temperatura del aceite se mantiene entre 100 y 115 grados Celsius. Después del baño

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

caliente los postes se colocan en un baño de aceite frío entre 32-38 grados Celsius durante al menos dos horas.

4.4.2.6 Micro-ondas

En los sistemas de ahumado convencionales la temperatura fluye desde el exterior hacia el interior de la masa (objeto, cuerpo). Con el sistema de micro-ondas el resultado es la pérdida rápida de humedad en el centro de la pared de la guadua, por lo que cuando el secado alcanza la parte perimetral la parte central habrá perdido humedad y se habrá contraído, por lo tanto no habrán tensiones.

Este sistema funciona en una relación masa/tiempo, el tiempo de secado en horno de micro-ondas comercial es de 40 segundos por gramo de guadua (Villegas 2000).

4.4.3 DEFECTOS DE SECADO

4.4.3.1 Agrietamiento y Rajaduras

➤ Grietas Superficiales

Ocurren en las caras de las tablas durante las primeras etapas del secado. Las causas más comunes del agrietamiento superficial son el rápido secado en las primeras etapas del estacionamiento o la súbita aplicación de un severo aumento en la tasa de secado, en las últimas etapas. Frecuentemente los lados de las grietas se cierran en la superficie

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

al final del proceso, cuando se invierten los esfuerzos y no son visibles en la superficie hasta que la tabla sea cepillada.

Una segunda causa del agrietamiento superficial es la aplicación de un tratamiento de elevada humedad a tablas cuyo centro ha secado bajo el punto de saturación de las fibras, seguido de un rápido resecado de la superficie. Por ejemplo, este problema puede ser causado por humedecimiento debido a la lluvia y un subsecuente rápido resecado.

➤ Grietas Internas

Comienzan generalmente en las últimas etapas del secado como resultado directo de rigurosas condiciones de secado en las primeras etapas, que originan esfuerzos intensos de tensión en la superficie y de compresión en el centro. Las grietas se generan en el interior de la tabla pudiendo extenderse hasta la superficie. El excesivo agrietamiento interno se denomina "apanalamiento".

➤ Rajaduras

Son separaciones longitudinales de las fibras que atraviesa de una cara a la otra de la pieza. Ocurren en los extremos de una tabla debido a una rápida pérdida de agua que origina esfuerzos de tensión. De todos los agrietamientos experimentados, éste es probablemente el más común y severo.

4.4.3.2 Prevención del Agrietamiento

El método adecuado de prevención del agrietamiento es aplicar las condiciones de secado más apropiadas para cada especie a ser secada. La severidad de los esfuerzos puede ser controlada por la condición de gradiente de humedad, la cual depende de la depresión del bulbo húmedo; por ello, en la mayoría de los casos, los primeros estados del secado deberían ser llevados a altas humedades relativas, o sea, utilizando una pequeña depresión psicométrica.

Si las grietas son severas, se debe someter la carga a un corto tratamiento de elevada humedad a una temperatura de bulbo seco de alrededor de 11 °C, más alta que la utilizada, con una depresión de bulbo húmedo de no más de 3 °C. La duración de este tratamiento no se prolongará más de 1 ó 2 horas, lo suficiente sólo para que las capas exteriores tomen 1 ó 2% de contenido de humedad y luego resecar en condiciones menos severas que las empleadas antes del tratamiento de elevada humedad.

El agrietamiento y rajaduras de los extremos se pueden también evitar por el sellado de los extremos de las tablas con una adecuada pintura impermeabilizante.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

➤ Colapso

Es una contracción anormal que se presenta en la madera por encima del punto de saturación de las fibras, que distorsiona la pieza. Ocurre cuando se emplean elevadas temperaturas al principio o en etapas intermedias de la remoción del agua libre. Su apariencia es similar al apanalamiento; la superficie de la tabla aparece distorsionada debido al aplastamiento de sus células en una intensidad variable, dependiendo de la severidad del colapso.

En muchas maderas, como la balsa o el cedro y particularmente en los cortes radiales, las tablas asumen una apariencia corrugada o acanalada. En este caso el colapso viene acompañado del apanalado y en otros casos grietas de forma de diamante en las tablas (grietas rómbicas). En otras maderas, como el caso del mapajo, los cantos de las tablas pueden no colapsar apreciablemente, pero la superficie puede mostrar una depresión irregular en el centro. Si no se observa el colapso después del secado de la madera verde hasta el punto de saturación de las fibras, se puede asumir que las especies tratadas no son colapsables.

Unas de las causas del colapso en la madera es por lo siguiente:

Maderas muy impermeables que tienen sus cadenas celulares completamente llenas de agua.

Maderas de baja densidad, que tienen paredes delgadas y poca resistencia a la compresión perpendicular al grano.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Aplicación de temperaturas muy elevadas en los hornos de secado de madera durante las primeras etapas del secado, lo cual disminuye la resistencia de la madera y la hace más susceptibles al colapso.

El Colapso puede ser externo en cuyo caso la superficie de la pieza presenta corrugaciones o fuertes aplastamientos.

Cuando el colapso es interno, generalmente se manifiesta con agrietamientos en el corte transversal de la pieza.

El colapso puede evitarse secando la madera en estado verde, a temperaturas normales y gradiente bajo durante las primeras etapas del proceso hasta que la madera haya perdido suficiente agua libre, facilitando la formación de burbujas de aire que evitan o atenúan la transmisión de esfuerzos durante esta etapa en los hornos de secado.

La madera que colapsa durante el secado, puede, en la mayoría de los casos, puede ser restaurada a su forma normal por aplicación del tratamiento de reacondicionado. Este proceso es ejecutado en una cámara de concreto reforzado, armada para este propósito, y consiste en someter la madera a un tratamiento de vaporizado entre 80 °C y 100 °C bajo condiciones saturadas. El procedimiento usualmente adoptado, es el siguiente:

Cuando el contenido de humedad ha disminuido hasta cerca el 18%, la carga a ser reacondicionada se ubica en la cámara de reacondicionamiento, apilada con separadores como para el secado en

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

hornos. Luego se ingresa vapor caliente a la cámara por un período lo suficientemente largo como para restablecer la tabla a su forma normal o, en el caso donde no existe un colapso intenso, hasta que no haya ganancia en dimensiones. El tiempo requerido en el último caso debe ser determinado experimentalmente.

Investigadores australianos recomiendan que la madera secada al horno se enfríe completamente antes de iniciar el tratamiento de vaporizado. Además, mencionan la conveniencia de que la carga sea enfriada antes de removerla de la cámara de acondicionado.

Durante este tratamiento, la madera absorbe una cierta cantidad de agua y, por ello, su contenido de humedad aumenta en 3 ó 4%; esta agua debe ser removida retornando la carga al horno o secándola al aire libre. Si la severidad del colapso es alta, afecta la elasticidad natural de la madera y es poco probable conseguir alguna mejoría de esta condición al aplicar el vaporizado. Los resultados del reacondicionamiento son permanentes y después de resecar la madera, ésta mantendrá la forma adquirida.

Las dimensiones de las tablas reacondicionadas pueden ser aumentadas por el tratamiento hasta el tamaño que podría resultar de la contracción normal, pero bajo ninguna circunstancia será recobrado el tamaño original de la carga verde con el tratamiento de vaporizado de la carga colapsada.

El reacondicionamiento puede ser empleado también para remover el combado, encorvado y revirado, los cuales ocurren frecuentemente en

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

tablas anchas de corte tangencial. Se reitera la necesidad de tener particular cuidado en la construcción de las pilas y, de ser posible, colocar contrapesos sobre la pila cuando se aplica el vaporizado en el reacondicionamiento.

➤ **Alabeo.**

El alabeo es producto de la contracción desigual según sea en la dirección radial, longitudinal ó tangencial de la pieza de madera. Esta cualidad se denomina **Anisotropía de la Madera.**

La madera por debajo del punto de saturación de la fibra comienza a contraerse y si no está en un ambiente adecuado de temperatura y humedad relativa puede contraerse en exceso en alguna dirección dando como resultado defectos como abarquillado, arqueadura, encorvadura o torcedura, todos éstos pertenecientes a la categoría de Alabeo.

Normalmente la contracción en la dirección tangencial es dos veces mayor que la contracción en la dirección radial. También la contracción es mayor en las maderas de mayor densidad o sea más pesadas.

Para evitar estos defectos en la madera, debe utilizarse un horario de secado en los hornos de secado de maderas adecuado para la especie, espesor y contenido de humedad del lote.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

➤ Torceduras

El término "torceduras" generalmente se considera en alguno de los siguientes casos:

Acanaladura o abarquillado, que es la tendencia de algunas tablas de corte plano a desarrollar una curvatura a lo ancho de la pieza.

Revirado, es la distorsión en el largo de la pieza.

Combadura o arqueado, cuando la curvatura se encuentra a lo largo de la cara de la tabla.

Encorvadura, que es la curvatura del lado o canto de una tabla.

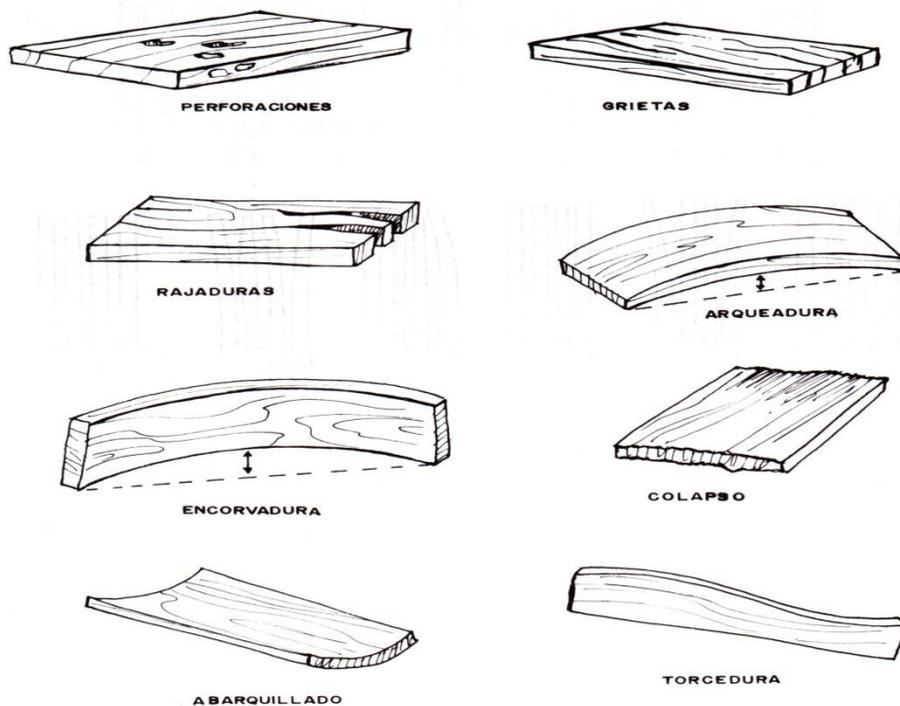


Imagen 4.16 Tipos de Torceduras

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Probablemente, el mayor factor causante de torceduras sea el apilado incorrecto. Cuando la madera está sujeta a una alta temperatura, se vuelve más plástica y, por ello, adopta la forma que le dictan los esfuerzos aplicados a ella y de ahí se puede ver que, si el espaciamiento de los separadores en una pila no está alineado verticalmente, el peso de la madera sobre una tabla particular ocasiona que la pieza se flexione alrededor del separador que está desalineado. La madera que está en esa posición adquiere deformaciones permanentes.

En forma similar, si los espaciamientos de los separadores son muy grandes la tabla puede tender a hundirse entre ellos.

4.4.3.3 Prevención y Remoción de las Torceduras

De lo anterior se puede deducir que el método más efectivo de minimizar las torceduras es que las pilas estén cuidadosa y exactamente construidas y que los separadores sean de un espesor uniforme, igualmente espaciados y en un perfecto alineamiento vertical sobre el centro de los apoyos. Luego, cuando la madera a ser secada es mayormente de corte plano o de una especie susceptible a las torceduras, los separadores deben ser ubicados lo más cercanos entre sí.

Si a pesar de las precauciones ocurren las torceduras, éstas pueden ser eliminadas aplicando el tratamiento de vaporizado. Este debe ser ejecutado cuando la carga ha alcanzado el contenido de humedad final deseado y en un período de tiempo suficiente como para enderezar las

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

piezas. La carga debería entonces ser enfriada y se debe evaporar la humedad absorbida por la madera durante el reacondicionamiento, antes de que los pesos sean removidos.

4.4.3.4 Amenazas a la Madera

La guadua, como cualquier madera, al estar expuesta al medio ambiente, requiere de mayor cuidado contra las amenazas naturales. A continuación expondremos algunas de las amenazas naturales contra las que nos enfrentaremos:

Infección de Hongos e Insectos

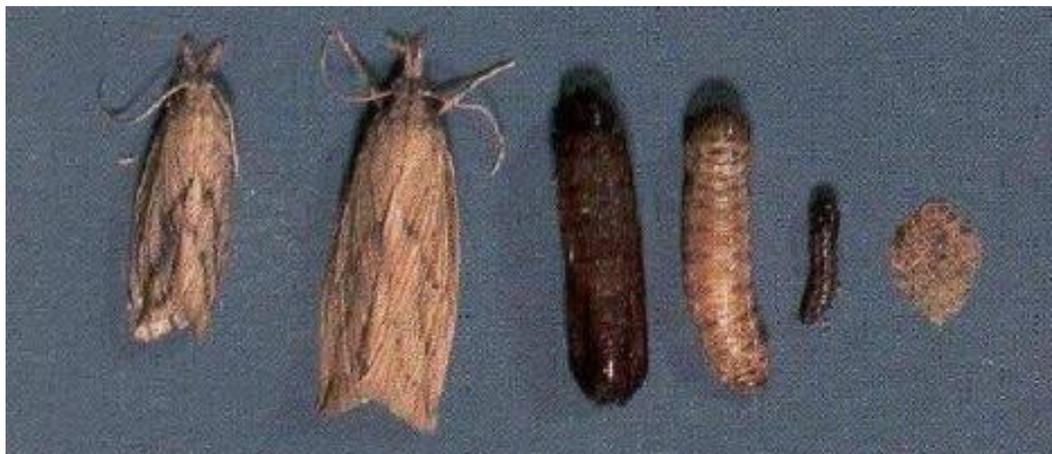


Imagen 4. 17 Plagas que afectan al cultivo de la Caña Guadua

A veces se desarrollan manchas de hongos por las condiciones particulares del horno y su funcionamiento a bajas temperaturas iniciales, lo que favorece el desarrollo de hongos. Se recomienda el vaporizado a 55 °C durante una hora para evitar la acción de los mohos.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Los Hongos

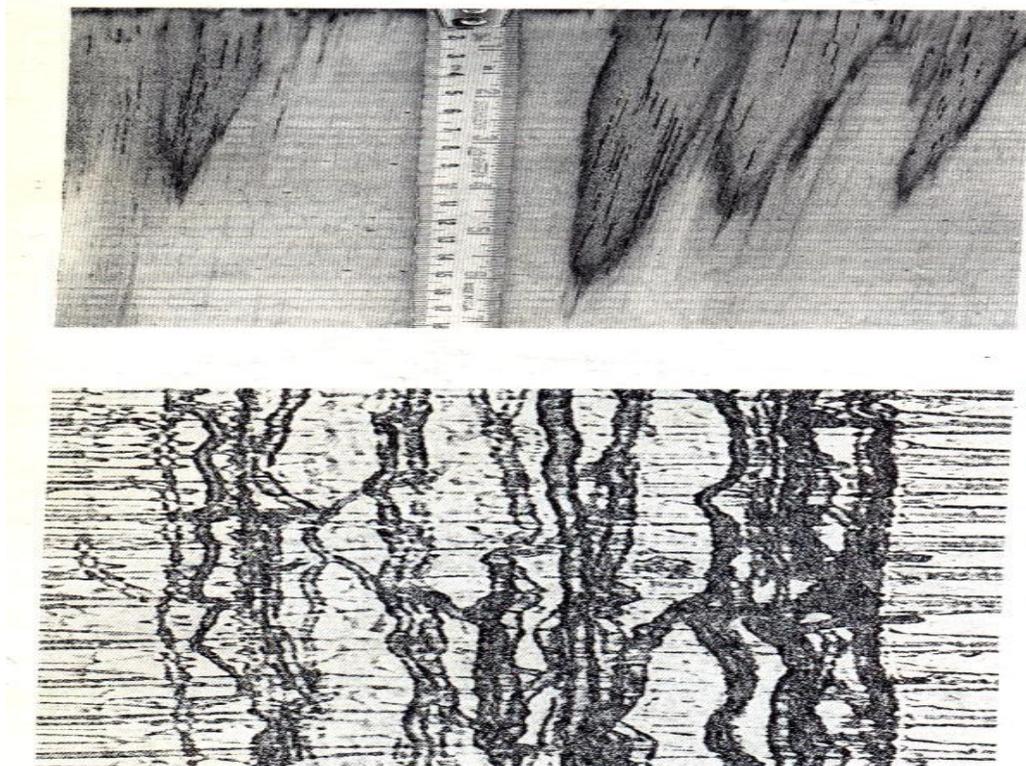


Imagen 4. 18 Hongos de la Caña Guadua

Los hongos son simples organismos que utilizan la madera como fuente de alimento. Se mueven a través de la madera como una red microscópica que crecen a través de los agujeros o directamente penetrando la pared celular de la madera. Las Hifas producen las enzimas que degradan la celulosa, hemicelulosa, o lignina que absorbe el material degradado para terminar el proceso de desintegración.

Una vez que el hongo obtiene una suficiente cantidad de energía de la madera, produce un cuerpo fructífero sexual o asexual para distribuir las esporas reproductivas que pueden invadir otras maderas. Los cuerpos

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

fructíferos varían de las esporas unicelulares producidas al final de las hifas para elaborar cuerpos fructíferos perennes que producen millones de esporas. Estas esporas son separadas extensamente por el viento, los insectos, y otros medios que pueden ser encontrados en la mayoría de las superficies expuestas. Consecuentemente, todas las estructuras de madera están conforme al ataque de los hongos cuando la humedad y otros requisitos adecuados al crecimiento de los hongos estén presentes.

El Hongo de la Pudrición



Imagen 4.19 Hongo de la Pudrición

La pudrición en la madera es causada normalmente por el hongo de la pudrición. Este hongo se agrupa en tres amplias clases basadas en la forma del ataque y de la apariencia del material podrido. Los tres tipos de hongo de la pudrición son: el hongo de la pudrición parda, el hongo de la pudrición blanca, y el hongo de la pudrición suave.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Hongo de la pudrición parda, como el nombre lo indica, da a la madera un color parduzco. En etapas avanzadas, la madera descompuesta es frágil y tiene numerosas líneas cruzadas, similar a un aspecto de quemado. Las pudriciones pardas atacan sobre todo la celulosa y las fracciones de la hemicelulosa de la pared celular de la madera y modifican la lignina residual, causando pérdidas del peso de casi el 70%.

Debido a que la celulosa proporciona la resistencia primaria a la pared celular, los hongos de la pudrición parda causan pérdidas substanciales de resistencia en las primeras etapas de pudrición. En este punto, la madera aparenta un daño leve y el hongo puede haber quitado solamente 1 a 5 por ciento del peso de la madera, pero algunas características de la resistencia pueden ser disminuidas hasta un 60%.

De los tres tipos del hongo de la pudrición, las pudriciones pardas están entre las más serias debido a su patrón de ataque. Las enzimas producidas por estos hongos se desplazan o propagan lejos del punto donde las hifas del hongo están creciendo. Consecuentemente, la pérdida de resistencia en la madera puede ampliar una distancia substancial de las localizaciones en donde la pudrición puede ser detectada visiblemente.

Pudrición blanca, es producida por el hongo de la pudrición, se asemeja al aspecto normal de la madera, pero puede ser tan blanquecino o ligero en color con rayas oscuras. En las etapas avanzadas de la pudrición, la

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

madera infectada tiene una textura suave distinta, y las fibras individuales se pueden desprender de la madera. Las pudriciones blancas diferencian de pudriciones pardas, en la que atacan los tres componentes de la pared celular de la madera, causando pérdida del peso de hasta 97%. En la mayoría de los casos, la pérdida asociada de resistencia es aproximadamente comparable a la pérdida del peso. Las enzimas producidas por el hongo de la pudrición blanca normalmente permanecen cerradas para el crecimiento de las hifas, y los efectos de la infección no son sensibles en las etapas tempranas de la pudrición.

Hongo de la pudrición suave, es un grupo más recientemente reconocido que restringe su ataque a la superficie externa de la madera. Atacan típicamente a la madera muy húmeda, producida por las condiciones cambiantes de humedad, el ataque también puede ocurrir con poco oxígeno o en ambientes que inhiben el hongo de la pudrición. La mayoría de los hongos de la pudrición suave requieren de la adición de alimentos exógenos para causar el ataque substancial. Estos alimentos a menudo son proporcionados inadvertidamente por los fertilizantes en suelos agrícolas, restos de basura en torres de enfriamiento, y otras fuentes nutrientes. Aunque pueden ser encontrados en algunas situaciones, los hongos de la pudrición suave no se asocian normalmente a pérdidas significativas de la resistencia en los componentes de una estructura. Para propósitos descriptivos, el grado de daño en la madera se puede clasificar en tres etapas: incipiente, intermedia, y avanzado. El

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

daño incipiente ocurre en el margen en que la infección avanza a nuevas partes, donde es difícil de detectar el daño porque no hay muestras visibles del ataque. Los cambios significativos en las características de la madera pueden ocurrir en las etapas incipientes. Mientras que el daño que incorpora la etapa intermedia, la madera se ablanda, se descolora, y se conserva poco.

En las etapas de daño avanzado, la madera no conserva virtualmente ninguna resistencia, se forman los bolsillos de pudrición, o la madera se disuelve literalmente. La detección del daño en la etapa inicial o incipiente es la más difícil, pero también la parte más importante de la inspección. A este punto, el daño puede ser efectivamente controlado para prevenir más daños severos a la estructura.

El Moho y el Hongo de la Mancha

El moho y el hongo de la mancha azul (blue stain) colonizan muy rápido la madera una vez que ésta se corta y continua su crecimiento mientras el contenido de humedad sigue siendo óptimo (sobre aproximadamente 25% para las maderas blandas. El efecto primario de estos hongos es manchar o descolorar la madera. Se consideran hongos inofensivos y son de consecuencia práctica sobre todo donde la madera se utiliza por sus calidades estéticas. El moho infecta la superficie de madera, causando los defectos que se pueden quitar generalmente con cepillo o cepillando, solamente las preocupaciones serias es del hongo de la mancha azul

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

porque éstos penetran profundamente y descoloran la madera. Bajo condiciones óptimas, algún hongo de la mancha azul puede también continuar a degradar la madera, causando disminución de la dureza y un aumento de permeabilidad; por lo tanto, la madera manchada es generalmente rechazada para las aplicaciones estructurales.

El moho y el hongo de la mancha utilizan el contenido de la célula de la madera para el alimento, y no degrada la pared celular. Pero su presencia puede indicar condiciones favorables para el desarrollo de otros hongos.



Imagen 4. 20 Hongo de la Mancha Azul

Las Termitas de la Madera Seca



Imagen 4.21 Daño de las Termitas a la Caña Guadua

Las termitas de la madera seca (Kalotermitidae) se diferencian de las termitas subterráneas de la madera húmeda por su capacidad de atacar la madera que es extremadamente seca; (5 a 6 por ciento de contenido de humedad). Como resultado, el ataque de las termitas de la madera seca no está en contacto con la tierra y también están lejos de fuentes visibles de humedad. Los daños en la madera por estos insectos, son largos túneles lisos que están libres de aserrín o de restos. Además, no hay variación de los ataques entre la madera de primavera y la madera de verano. Las termitas de la madera seca limpian con frecuencia el nido masticando las superficies del túnel, golpeando y echando hacia fuera los

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

restos, en el cual la madera infectada se acumulan abajo. Aunque los túneles se resellan, la presencia de restos debajo de la abertura es una buena señal de ataque. En general, los racimos de infecciones se encuentran en un área geográfica, y la prevención plantea una cierta dificultad. Mientras una infección ocurre, el uso de la fumigación estructural se ha generalizado para ser eficaz. Afortunadamente, la termita de la madera seca se confina en una región geográfica relativamente pequeña.

4.4.3.5 Manchas Químicas

Los cambios de color causados por reacciones químicas pueden presentarse en alguna magnitud en la madera que está en contacto directo con los listones. En otras ocasiones, las maderas blancas se tiñen de una coloración café en la superficie o en zonas cercanas a ella. A veces este defecto interactúa con la presencia de hongos manchadores que infectan la madera antes del secado en hornos.

4.4.3.6 La Degradación Química

En casos aislados, la presencia de fuertes ácidos o bases pueden causar daño substancial a la madera. Las bases fuertes atacan la hemicelulosa y la lignina, saliendo de la madera un color blanco descolorado. Los fuertes ácidos atacan la celulosa y la hemicelulosa, causando pérdidas de peso y de resistencia. La madera dañada por el ácido es de color oscuro y su aspecto es similar a la de la madera dañada por el fuego.

CAPITULO V

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

5.2 ANTECEDENTES

El hombre desde sus inicios, siempre ha buscado la forma de estar protegido por medio de refugios naturales o artificiales; en muchas ocasiones debido a los movimientos telúricos ocasionados por la dinámica tectónica de la corteza terrestre, estos refugios dejan de serlos para convertirse en trampas mortales; por eso la ingeniería estructural ha buscado la forma de realizar construcciones seguras, económicas y funcionales.

Después del sismo de 1999 en Armenia, el estudio del comportamiento estructural de los sistemas de bahareque en Colombia toma relevancia debido al buen comportamiento que éstos presentaron ante el evento sísmico. Los estudios buscaban la tecnificación en la construcción de viviendas en bahareque y brindar los requisitos mínimos para obtener un grado adecuado de sismo resistencia y evitar así el colapso; además si se tiene en cuenta que la guadua es un material económico y rentable, social y culturalmente aceptado en una amplia región del país, se estaría en presencia de un material alternativo y no convencional que con la

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

identificación de sus limitaciones y un adecuado uso permitiría su implementación en la fabricación de viviendas económicas, funcionales y seguras.

En un sistema de pórticos se tiene la unión entre un elemento de viga y un elemento de columna de tal manera que el pórtico es capaz de tomar fuerzas verticales, horizontales y momentos. Como sistema estructural de resistencia sísmica, el sistema de pórticos presenta una serie de ventajas ante los sistemas de muros, ya que no requiere una estricta continuidad vertical, regularidad en planta y altura, siendo arquitectónicamente más atractivo por permitir una mayor facilidad de distribución en los espacios.

Lo anterior, sumado a que la norma NSR-98 (AIS, 2002)¹ no contempla los pórticos en guadua como sistema sismorresistente, y también por el creciente auge de utilizar sistemas constructivos en guadua, se empezó a realizar una serie de investigaciones que buscaban tecnificar un sistema constructivo modular que fuera económico, estéticamente atractivo y seguro, y que permitiera desarrollar una solución de vivienda. La primera investigación fue desarrollada por el Ing. Fabián Lamus(2008)² quien diseñó y estudió el comportamiento estructural ante cargas horizontales del pórtico tipo utilizado en esta investigación. Lamus encontró que la

¹ Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, NSR-98 (Ley 400 de 1997 y sus decretos reglamentarios) , dedicado al diseño y construcción de estructuras de hormigón estructural

² Ingeniero Civil de la Universidad Industrial de Santander. Maestría en Estructuras de la Universidad Nacional de Colombia. Estudiante del Doctorado en Ingeniería –Ciencia y Tecnología de materiales– de la Universidad Nacional de Colombia. Docente auxiliar de la Universidad Nacional de Colombia. Profesor de cátedra de la Universidad de La Salle, Bogotá (Colombia). Correo electrónico: falamusb@unal.edu.co

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

unión viga - columna propuesta para el pórtico tenía un comportamiento de unión semirrígida con una constante de 60 KN-m/rad. Como se esperaba, se halló en dicha investigación que las deflexiones del pórtico tipo ante cargas horizontales eran grandes.

Para controlar las deflexiones excesivas del sistema de pórticos en guadua se realizó esta investigación en donde se adicionaron al pórtico paneles estructurales en bahareque de dos tipos: encementados y de tiras en guadua. El objetivo general de esta investigación fue determinar el comportamiento estructural del sistema combinado de paneles en bahareque y pórticos en guadua y cuantificar el aporte a la rigidez que los paneles daban al sistema, con el fin de implementar este sistema combinado en la construcción de viviendas modulares.

Los resultados de algunos datos son transcritos de algunas investigaciones de otros autores.

Las investigaciones de Julius Joseph, Antonius Janssen, de la Obra "Bamboo building structures" correspondiente al año 1981. Los cuales corresponden a la especie bambusa blumeana de procedencia Filipina, de características similares a la Angustifolia, el investigador calculo algunos coeficientes los cuales son multiplicados por el peso específico del material para hallar la resistencia del mismo en nuestro caso la guadua posee $G=630 \text{ kg/m}^3$.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Resistencia a la tracción última. La especie investigada posee una resistencia máxima a la tracción de 300Mpa en estado seco y una resistencia mínima de 200Mpa en estado verde.

Resistencia a la compresión última. Se obtuvo la relación $0.094 \cdot G = 59022 \text{Mpa}$ para bambú en estado seco y $0.075 \cdot G = 47.3 \text{Mpa}$ para bambú en estado verde.

Resistencia a la flexión última. Para bambú en estado seco se obtuvo la relación $0.14 \cdot G = 88.2 \text{Mpa}$ y para bambú en estado verde igual a $0.11 \cdot G = 69.3 \text{Mpa}$

Resistencia a cortante última. Una vez realizados los ensayos sobre una gran cantidad de probetas de bambú con contenidos de humedad de 4.9 y 12% se obtuvo la relación igual a $0.021 \cdot G = 13.23 \text{Mpa}$.

Las investigaciones de Oscar Hidalgo López, en una obra "Bambú su cultivo y aplicaciones en la fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería y artesanías", del año 1973, tenemos:

Resistencia a la tracción. La guadua en la zona de entrenudo posee una resistencia máxima de 325Mpa y una resistencia mínima de 183Mpa, a su vez en la zona del nudo una resistencia a la tracción máxima de 348Mpa y una resistencia mínima de 127Mpa; En la zona del entrenudo se tienen unos promedios máximos de resistencia de 264Mpa y en la de los nudos de 229Mpa.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

El módulo de elasticidad máxima a la tracción es de 31640Mpa y el mínimo de 14062Mpa. (El termino tracción es empleado en algunas regiones del país en vez de tensión).

Resistencia a la compresión. La resistencia máxima a la compresión es de 86Mpa y la mínima de 56Mpa, además un módulo de elasticidad a la compresión máxima de 19000Mpa y un mínimo de 15187Mpa.

Resistencia a la flexión. La resistencia máxima a la flexión es de 276Mpa y la mínima de 76Mpa, además de un módulo de elasticidad a la flexión máximo de 22000Mpa y mínimo de 10547Mpa.

Resistencia a las fibras de la capa externa e interna de la pared del tallo. En la capa exterior se tiene una resistencia a la flexión de 253Mpa y una resistencia a la tracción de 309 a 330Mpa y en la capa interior una resistencia a la flexión de 95Mpa y una resistencia a la tracción de 148 a 162Mpa.

De los datos observados, podemos hacer una comparación con uno de los proyectos de tesis utilizados como guía para este proyecto. Nos referimos al proyecto: "Cálculo y diseño estructural para la cubierta del mercado central de la parroquia de Píntag en base a tenso-estructura con el uso de bambú gigante (*dendrocálamus asper*)" de autoría de los Sres. Fredd Vinicio Carranza Armendaris y Jorge Aníbal Taco Álvarez³, toda vez que estos datos son referenciales. Al final, este proyecto utilizará

³ El Sr. Ing. Fredd Vinicio Carranza Armendáriz y el Sr. Ing. Jorge Aníbal Taco Álvarez son graduados de la Carrera de Ingeniería Civil de la ESPE, año 2011.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

resultados promedio de las investigaciones anteriores. Además, el proyecto mencionado nos sirve únicamente para la comparación de las características físicas de la guadua dado que al ser otro tipo de estructura, no existe otro punto de comparación.

FACTOR	DATOS COLOMBIA*	INVESTIGACION ESPE	UNIDADES
Esfuerzo admisibles a compresión	86.00	99.41	MPa
Módulo de elasticidad a compresión	17093.50	18327.51	MPa
Esfuerzo admisible a flexión	76.00	46.69	MPa
Módulo de elasticidad a flexión	10547.00	11030.05	MPa

*Los datos colombianos son promedio entre máximo y mínimo.

Tabla 5.1. Comparación de datos entre Investigación colombiana e investigación ESPE⁴

Como podemos observar, los resultados son bastante similares. Al ser un material orgánico, sus características dependen de varios factores, la mayoría de los cuales están fuera del control del constructor, como por ejemplo, el secado y curado del material, el sitio del que proviene

⁴ Los datos provenientes de la investigación colombiana son promedio entre máximo y mínimo, los datos de la investigación de la ESPE, son absolutos.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

el material, etc. Sin embargo esta similitud de resultados nos permite continuar empleando el modelo colombiano como base de nuestra investigación.

5.2.1 ESTADOS DE CARGA

5.2.2 Materiales y modelos físicos

5.2.1.1 Materiales

Se caracterizaron los materiales utilizados para la construcción de los pórticos y paneles. En la tabla 5.2 se encuentran las propiedades encontradas para la guadua utilizada en la fabricación de los pórticos y paneles; en la tabla 5.3 se describen las propiedades de la madera de los marcos de los paneles, y en la tabla 5.4 se resumen las propiedades del mortero de recubrimiento de los paneles.

Propiedades físicas y mecánicas de la guadua Valor	Valor
Densidad básica al aire (ρ_0)	5.81 kN/m ³
Densidad seca al aire (ρ)	5.22 kN/m ³
Humedad	11.03 %
Compresión paralela de la fibra (σ_c)	41.08 Mpa
Módulo de elasticidad paralelo a la fibra – Def. mecánico (ECDE)	6.73 Gpa
Módulo de elasticidad paralelo a la fibra – Def. eléctrico (ECDM)	10.78 Gpa

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Módulo de resiliencia – Def. mecánico (μrDM)	32.11 kJ
Módulo de resiliencia – Def. eléctrico (μrDE)	33.65 kJ
Módulo de tenacidad – Def. mecánico (μTDM)	73.54 kJ
Módulo de tenacidad – Def. eléctrico (μTDE)	48.07 kJ

Tabla 5.2. Resultados para la guadua⁵

Propiedades físicas y mecánicas de la guadua Valor	Valor
Densidad básica al aire (ρ_{oM})	4.03 kN/m ³
Densidad seca al aire (ρ_M)	3.37 kN/m ³
Humedad (HM)	16.89 %
Compresión paralela de la fibra (\hat{f}_{CP})	27.05 Mpa
Módulo de elasticidad paralelo a la fibra (ET)	8.22 Gpa
Compresión perpendicular a la fibra (\hat{f}_{PF})	5.32 Mpa
Módulo de elasticidad perpendicular a la fibra (EPT)	157.19 Mpa
Módulo de rigidez (G)	0.84 Gpa
Relación de <i>Poisson</i>	0.25

Tabla 5.3. Resultados para la madera⁶

⁵ Estos datos son promedio de varias investigaciones de origen colombiano y las dos de la ESPE que son referencia para este proyecto.

5.2.1.2 Topología del pórtico⁷

El diseño que se detalla a continuación se basa en la experiencia colombiana, ya que estos son los pioneros y quienes más avanzados están en este tipo de construcciones. Se ha tomado un modelo estándar de pórticos y paneles. En investigaciones de ING. GERMÁN RUBIO LUNA⁸ – “Arte y mañas de la guadua”, y del DR. SIMÓN VELEZ⁹ – “Símbolo y búsqueda de lo primitivo”, se emplean modelos similares.

Los pórticos tienen una altura de 4,70 m, un ancho exterior de 4,00 m y una luz libre entre columnas de 3.70 m. Están conformados por culmos de *Guadua angustifolia*, cuyas propiedades mecánicas y físicas se encuentran en la tabla 5.2 con diámetros entre 100 mm. y 110 mm; espesores entre 10 y 16 mm; longitudes de 4,70 m para elementos de columna; 4,00 m para elementos de viga; 0,50 m para los separadores entre vigas y 0.35 m. para los separadores en columnas (Figura 5.1).

⁶ Estos datos son promedio de varias investigaciones de origen colombiano y las dos de la ESPE que son referencia para este proyecto.

⁷ Pórticos provenientes de proyectos realizados en Colombia. Las medidas son estándar para vivienda del tipo que se propone en este proyecto de tesis

⁸ Germán Rubio Luna, Ingeniero Mecánico colombiano del “Indiana Institute of Technology” (E.U.), con diversas especializaciones en E.U., Canadá, México, Bélgica, Suiza y Alemania.

⁹ Simón Vélez, Arquitecto graduado de la universidad de los Andes, Colombia, comenzó su carrera hace 40 años. Se trata del principal usuario del bambú como componente arquitectónico primordial. A la fecha, Vélez ha diseñado edificios de bambú en Alemania, Francia, Estados Unidos, Brasil, México, China, Jamaica, Colombia, Panamá, Ecuador, e India. Su proyecto más reciente es el Museo Nómada del Zócalo de la Ciudad de México, que alberga la exposición Ashes and Snow de Gregory Colbert. En el 2009 obtuvo el Principal Premio Príncipe Claus donde se le honra por el empleo estético de materiales naturales en todas sus creaciones

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Las columnas están conformadas por 4 elementos de guadua de 4,70 m de longitud. Tienen 8 separadores de 0,35 m de longitud; 2 localizados en la mitad de la altura del primer piso, 2 en la mitad de la altura del segundo piso, formando una cruz para ambos casos, y los otros 4 se localizan en la parte superior e inferior de cada viga que conforma el nudo. Las vigas están compuestas por 2 elementos de guadua de 4,00 m de longitud.

Éstas tienen 4 separadores de 0,50 m de longitud distribuidos a longitudes equidistantes cada 0,72 m. La unión entre la viga y la columna se realizará por medio de pasadores de acero roscado de ½ pulgada de diámetro y 240 Mpa de resistencia. El nudo tiene 10 pasadores o pernos, de aproximadamente 0,40 m de longitud. Además, para evitar falla por corte, posee 6 zunchos en platinas metálicas de ½ pulgada de ancho y 0,03 pulgadas de espesor, 4 en las columnas y 2 en las vigas.

<i>Propiedades físicas y mecánicas del mortero</i>	<i>Valor</i>
Densidad básica al aire (ρP)	16.22 kN/m ³
Compresión (σM)	6.00 Mpa
Módulo de elasticidad (EPF)	4.50 Gpa
Relación de <i>Poisson</i>	0.25

Tabla 5.4. Resultado para el mortero¹⁰

¹⁰ Datos del CEC-2001

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

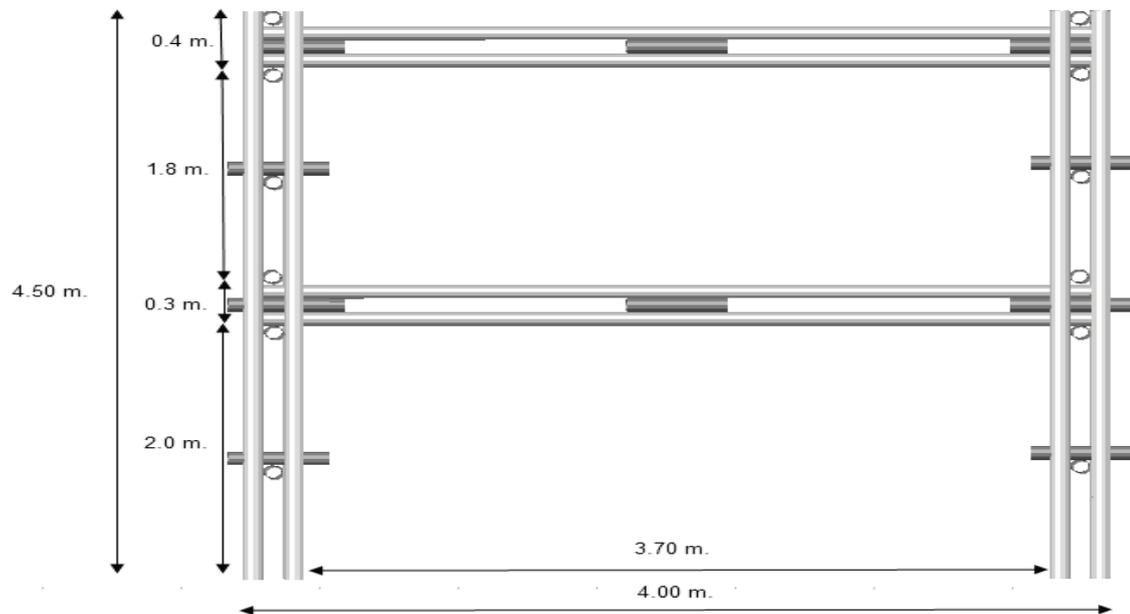


Imagen 5. 1. Topología del pórtico

5.2.3 Especímenes ensayados

5.2.2.1 Paneles prefabricados

El panel de 0,90 m x 2,00 m consta de una estructura interna y otra externa. La estructura interna está conformada por la diagonal; los pie derechos en guadua, de 100 mm de diámetro y 10 mm de espesor promedio; el marco en madera tipo Sajo, cuyas propiedades físicas y mecánicas se encuentran en la tabla 5.3, los parantes y las soleras en listones de 50 mm x 100 mm (Figura 5.2). La estructura externa consistió en el recubrimiento, el cual fue de dos tipos: en bahareque encementado (Ver propiedades físicas y mecánicas del mortero en tabla 5.4) y en tiras de guadua sin cepillar.

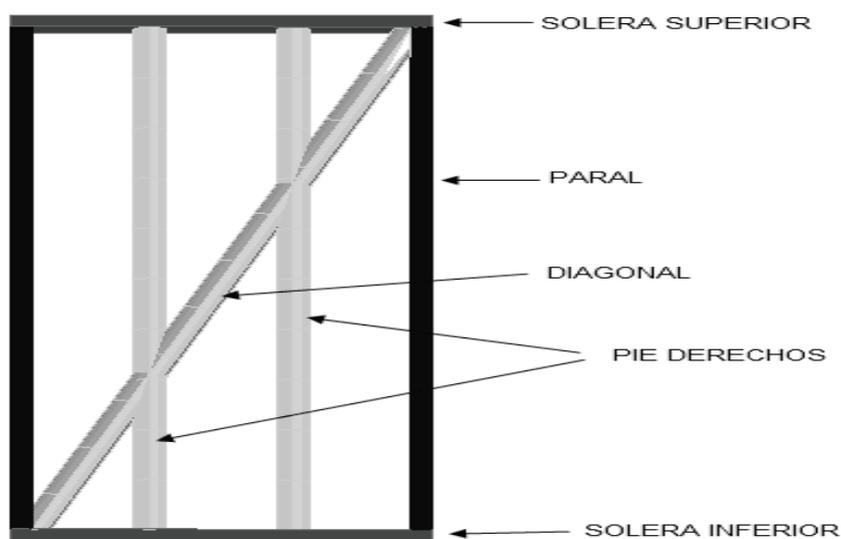
5.2.2.2 Sistema panel – pórticos

Al pórtico descrito se le instalarán los paneles prefabricados en bahareque encementado y tiras de guadua. Se requiere fabricar un panel de menores dimensiones, 0,90 m x 1,80 m para el nivel superior del pórtico. Los paneles se localizarán en el pórtico de tal manera que sus diagonales formaran cruces.

5.2.3 Montaje e instrumentación del ensayo

5.2.3.1 Paneles

El panel se atornilla en dos puntos en la solera inferior, a un perfil metálico tipo MC, que a su vez se apoya en un perfil metálico tipo W, se adicionarán platinas de 1" de espesor que al entrar en contacto con los perfiles tubulares que se colocarán en los extremos del perfil W mejorarán la fijación de todo el sistema al marco de carga (Figura 5.3).



PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Imagen 5. 2 Estructura interna del panel tipo



Imagen 5. 3 Montaje de los paneles

La instrumentación del panel para medir los desplazamientos se hace con flexómetro en la solera superior y deformímetro mecánico en la solera inferior. Los paneles se cargan como se muestra en la Figura 5.4.

5.2.3.2 Pórticos

La instrumentación del pórtico se hace colocando un flexómetro en el nudo superior y en el nudo intermedio del pórtico. Igualmente, las zapatas fueron instrumentadas con deformímetros para corregir las lecturas por movimiento vertical y horizontal de éstas.

El pórtico fue cargado como se muestra en la Figura 5.4 Y 5.5.

5.2.4 Anclaje sistema panel - pórtico

5.2.4.1 Paneles

La cimentación para los paneles en el sistema panel-pórtico consiste en un muro corrido en mampostería conformada por tres hiladas de ladrillos mambrón de 0,4 m de longitud y 0,1 m de espesor, las celdas son rellenas con concreto de 210 kg/cm^2 y tendrán los pernos que servirán como anclaje para los paneles; se rellenaron en 8 celdas. La altura total de la cimentación será de 0,33 m (Figura 5.5).

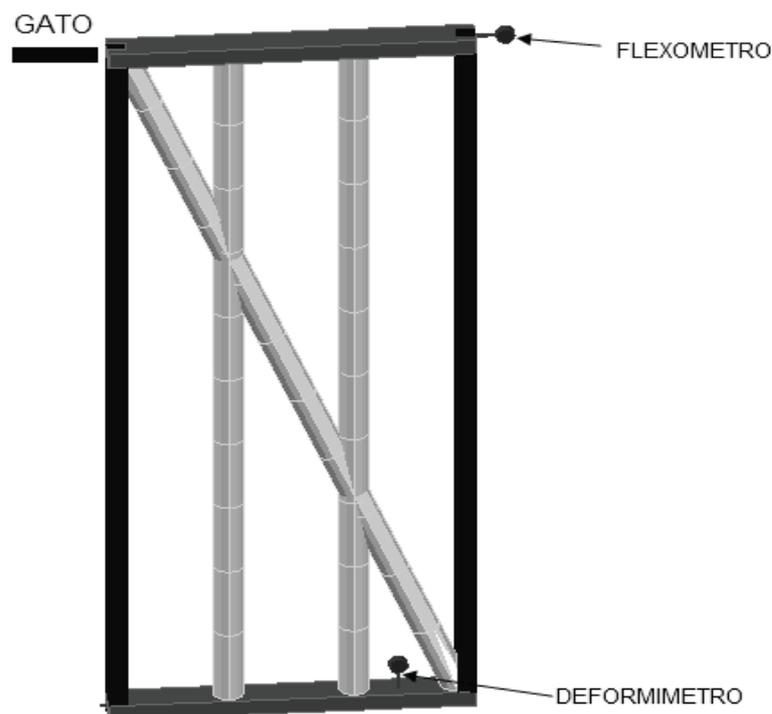


Imagen 5. 4 Instrumentación en paneles.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

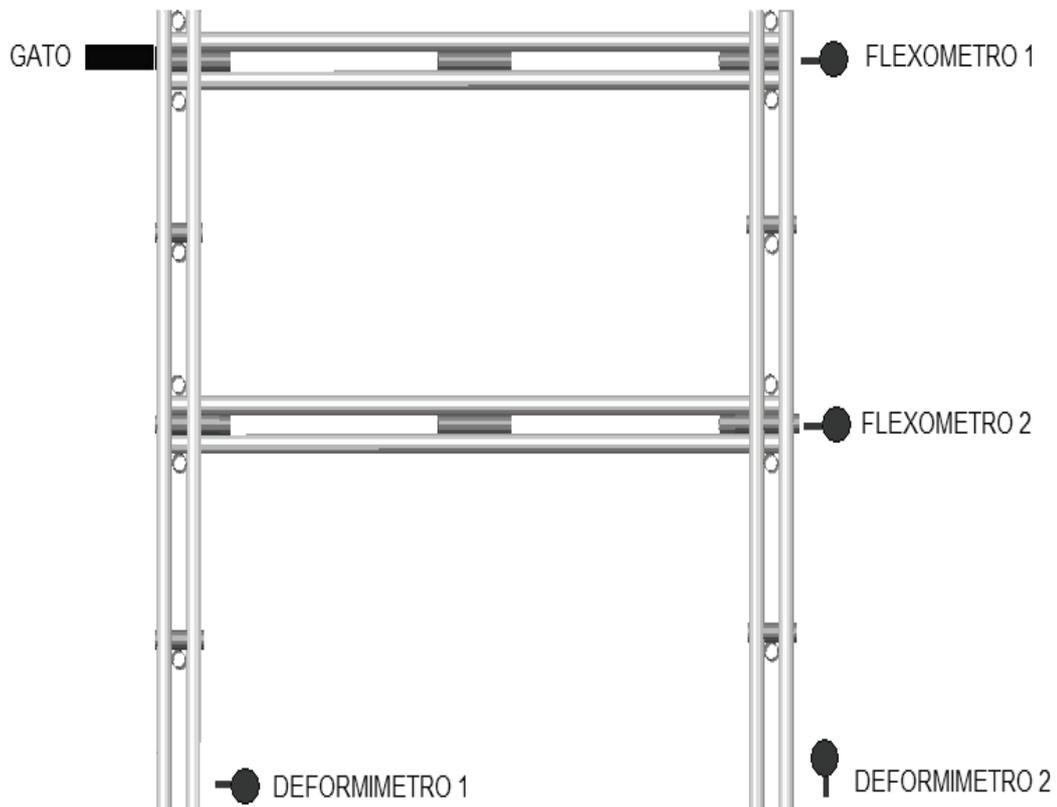


Imagen 5. 5 Instrumentación en pórticos

5.2.4.2 Zapatas de Pórticos

El pórtico descansa sobre dos zapatas de 0,80 x 0,80 m de área transversal, de donde sale un pedestal en forma de cruz de 0,15 m de espesor y 0,50 m de alto. El pórtico se ancla a la cimentación por medio de 8 pasadores de aproximadamente 0,50 m de longitud. A su vez la cimentación se ancla al piso para evitar giros y movimientos traslacionales excesivos al ser ensayado (Figura 5.6).

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



Imagen 5. 6 Muro corrido

5.2.5 Ensayos de laboratorio

Se realizaron ensayos de carga y descarga horizontal en una dirección; en la tabla 5.5 se resumen el tipo y la cantidad de ensayos.

<i>Tipo de ensayo</i>	<i>Número</i>
Ensayos en paneles	
Panel sin recubrimiento	3
Panel en tiras de guadua	3
Panel en bahareque	3
Ensayos en pórticos	
Pórticos con paneles en tiras de guadua	2
Pórticos con paneles en bahareque	2

Tabla 5.5. Ensayo de laboratorio

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

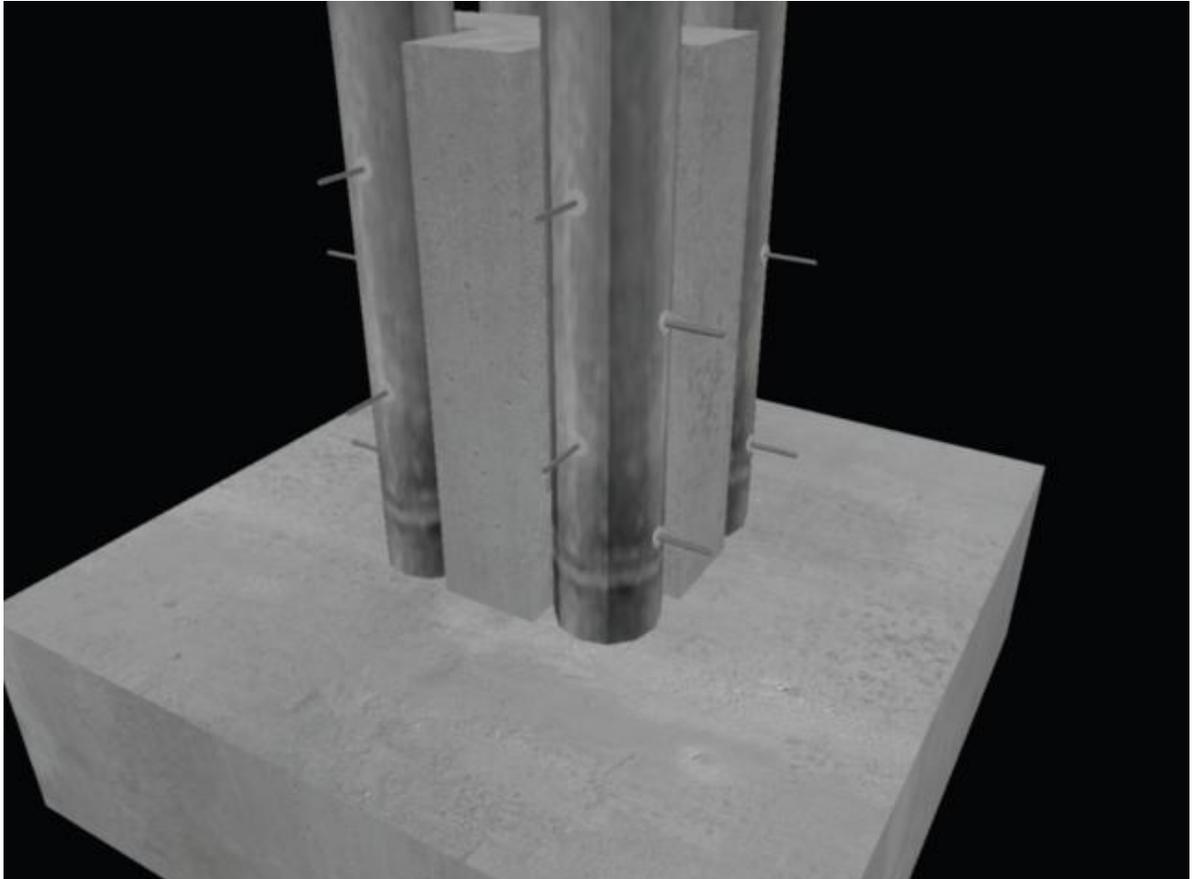


Imagen 5. 7 Zapata pórtico

5.3 Modelación numérica

Se elaboraron modelos numéricos lineales para intentar reproducir y verificar el comportamiento estructural obtenido en el ensayo de los paneles y pórticos. Se ingresó al programa SAP 200 V.14 el módulo de elasticidad, densidad y relación de Poisson. Se realizaron dos modelos para cada sistema ensayado: un modelo 1 simple y un modelo 2 más

PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

complejo. Los modelos numéricos y los pasos de la modelación en el programa se muestran en las figuras 5.8 a 5.27.

Análisis del modelo.

Modelo

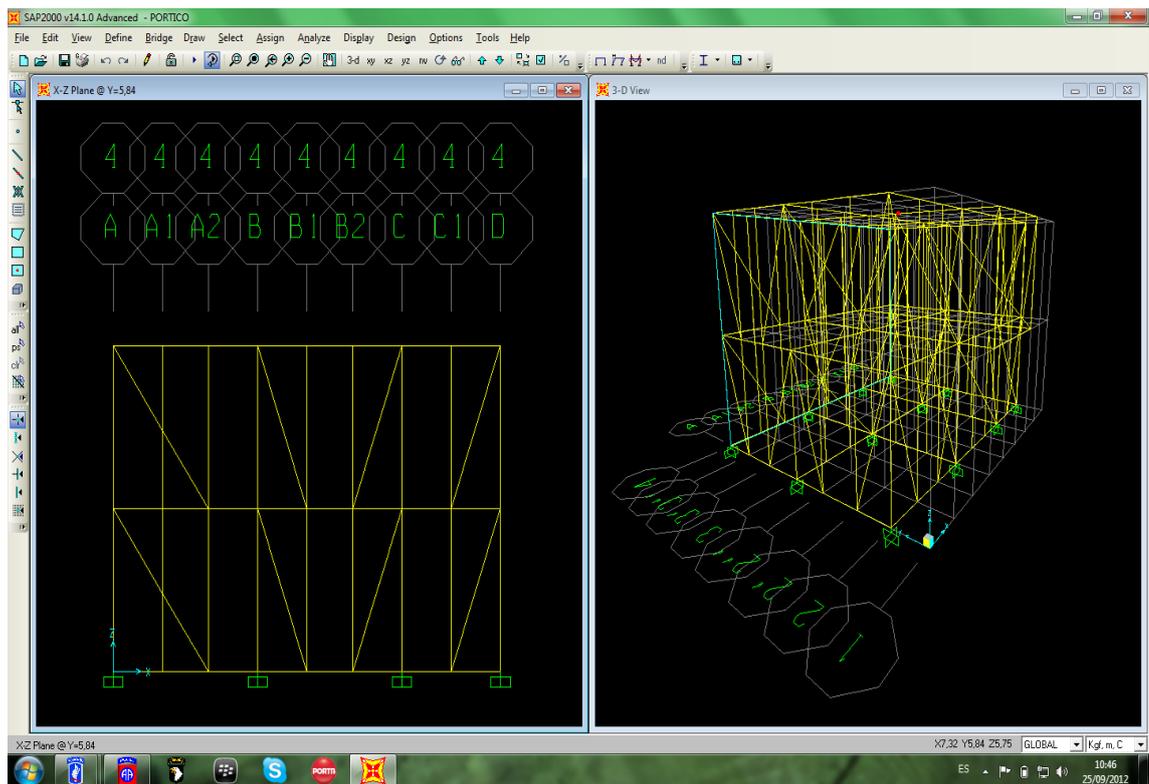


Imagen 5.8 Modelo

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Definición de las características del material

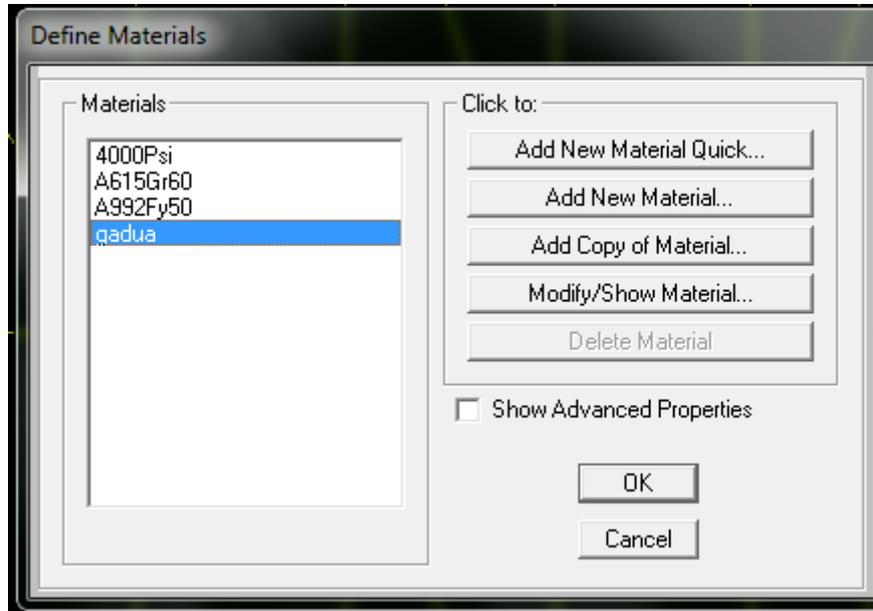


Imagen 5.9 Definición del material

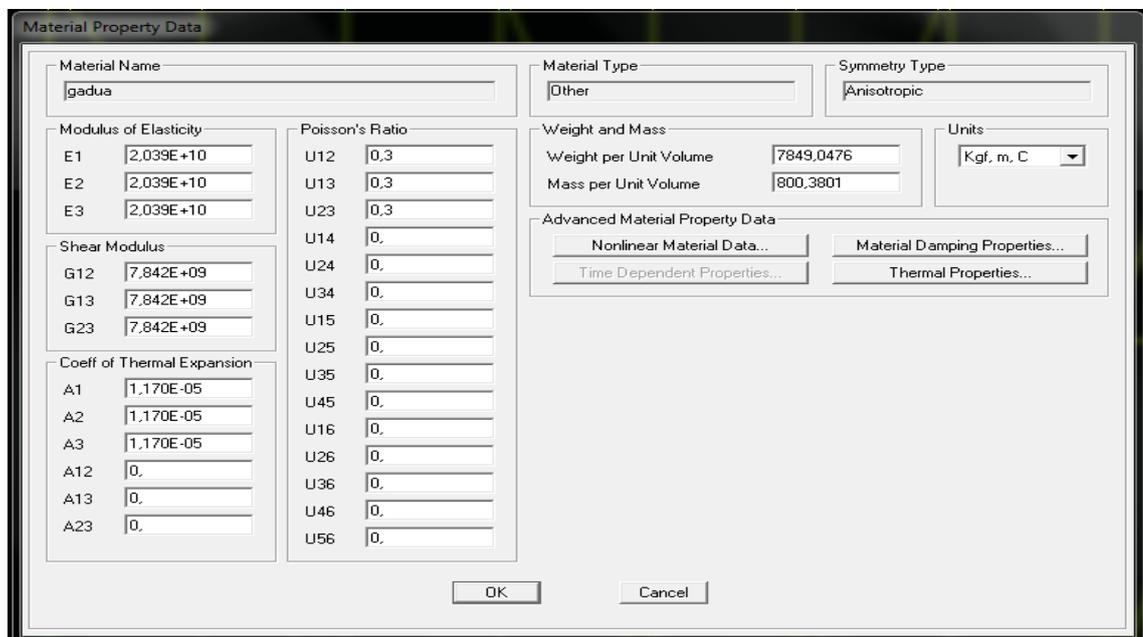


Imagen 5.10 Propiedades del material

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

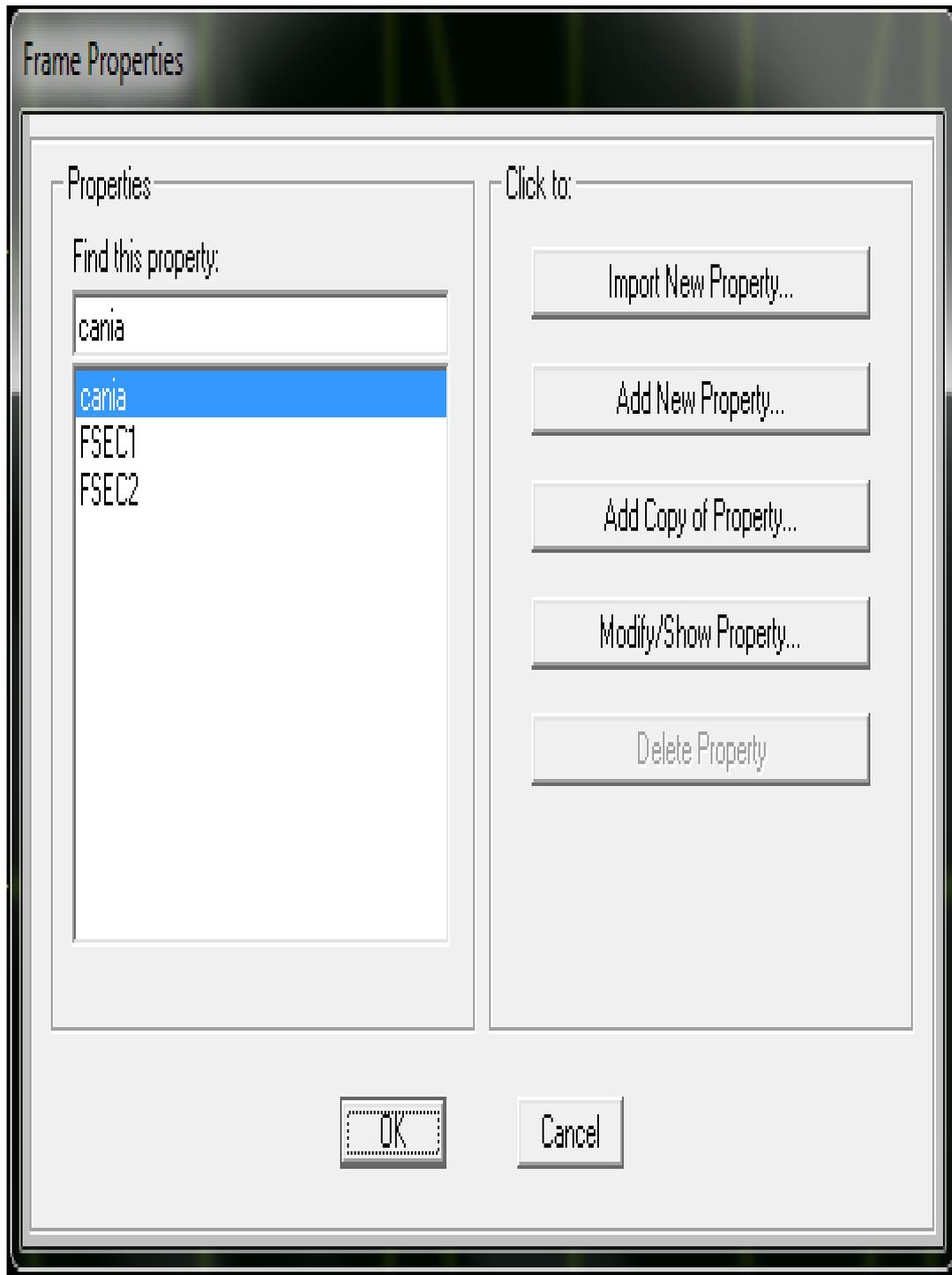


Imagen 5.11 Asignación de Sección de paneles

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

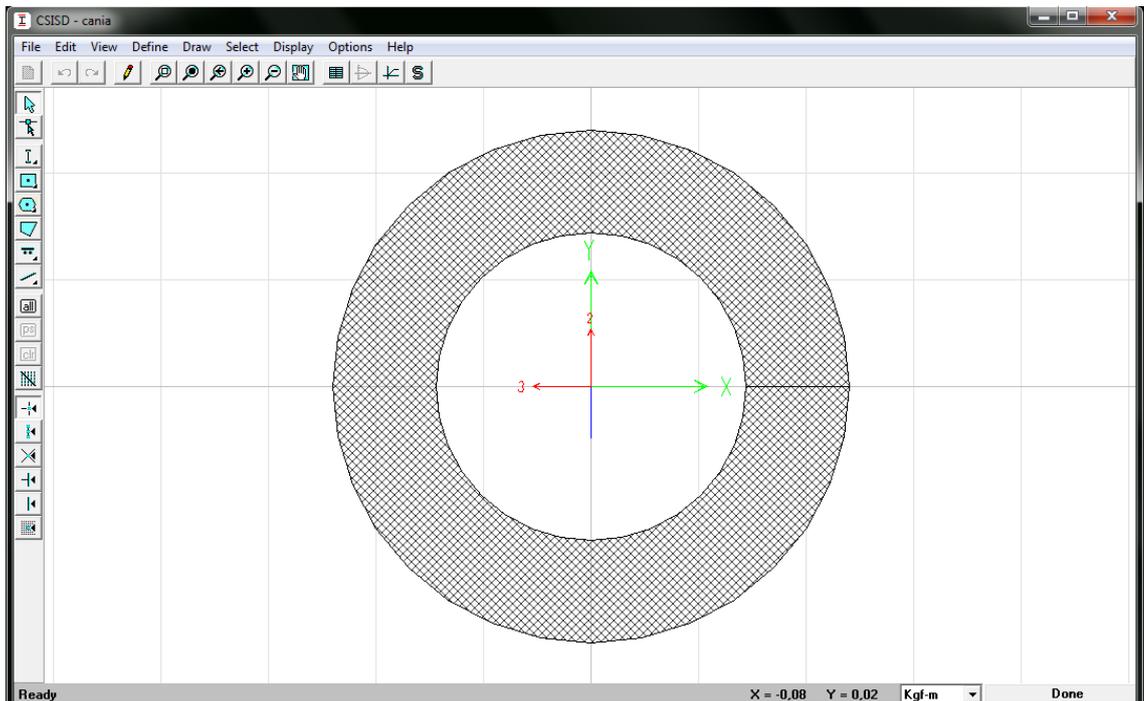


Imagen 5.12 Definición de espesor de la caña

Definición de Cargas.

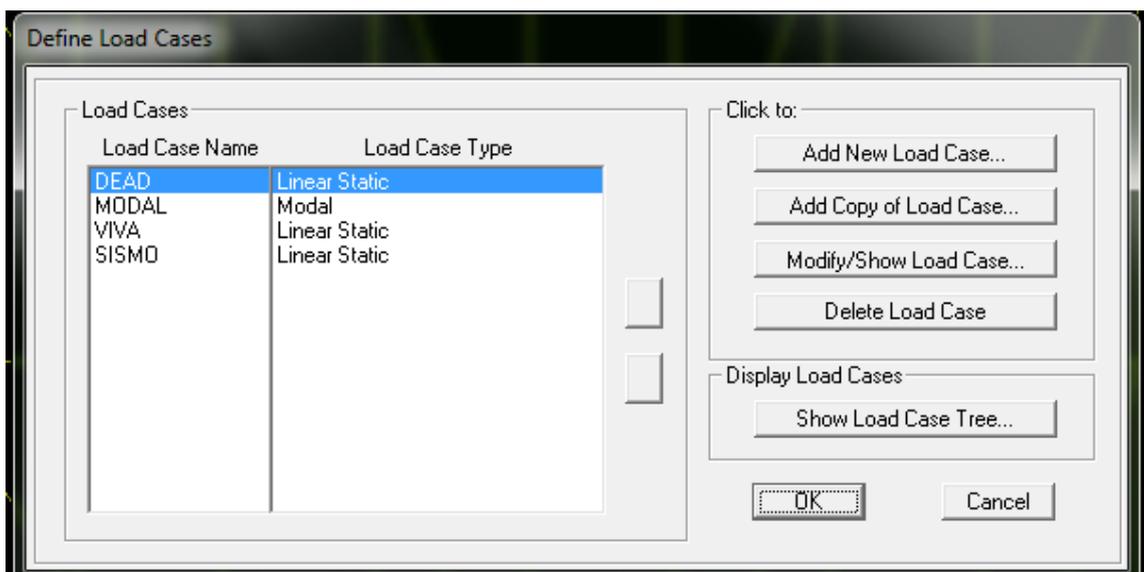


Imagen 5.13 Determinación de cargas

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Load Case Data - Linear Static

Load Case Name: DEAD Notes: Load Case Type: Static

Stiffness to Use: Zero Initial Conditions - Unstressed State Stiffness at End of Nonlinear Case
Important Note: Loads from the Nonlinear Case are NOT included in the current case

Analysis Type: Linear Nonlinear Nonlinear Staged Construction

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern <input type="button" value="v"/>	DEAD <input type="button" value="v"/>	1,
Load Pattern	DEAD	1,

Imagen 5.14 Definición de carga

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

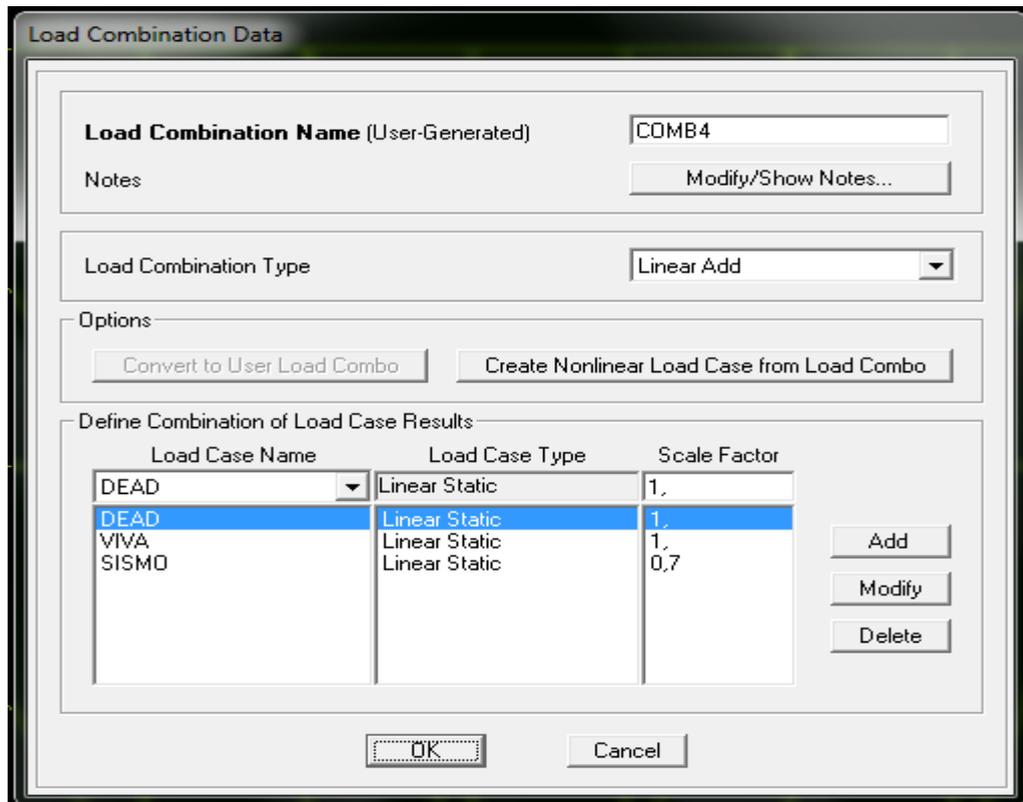


Imagen 5.15 Definición de combinaciones de cargas

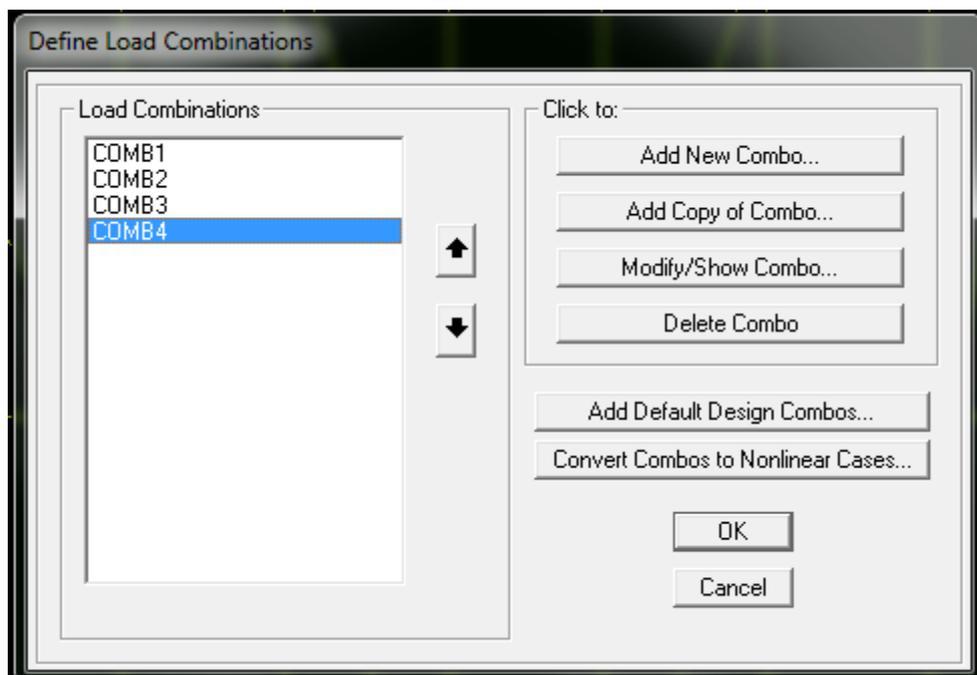


Imagen 5.16 Determinación de las combinaciones de carga

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

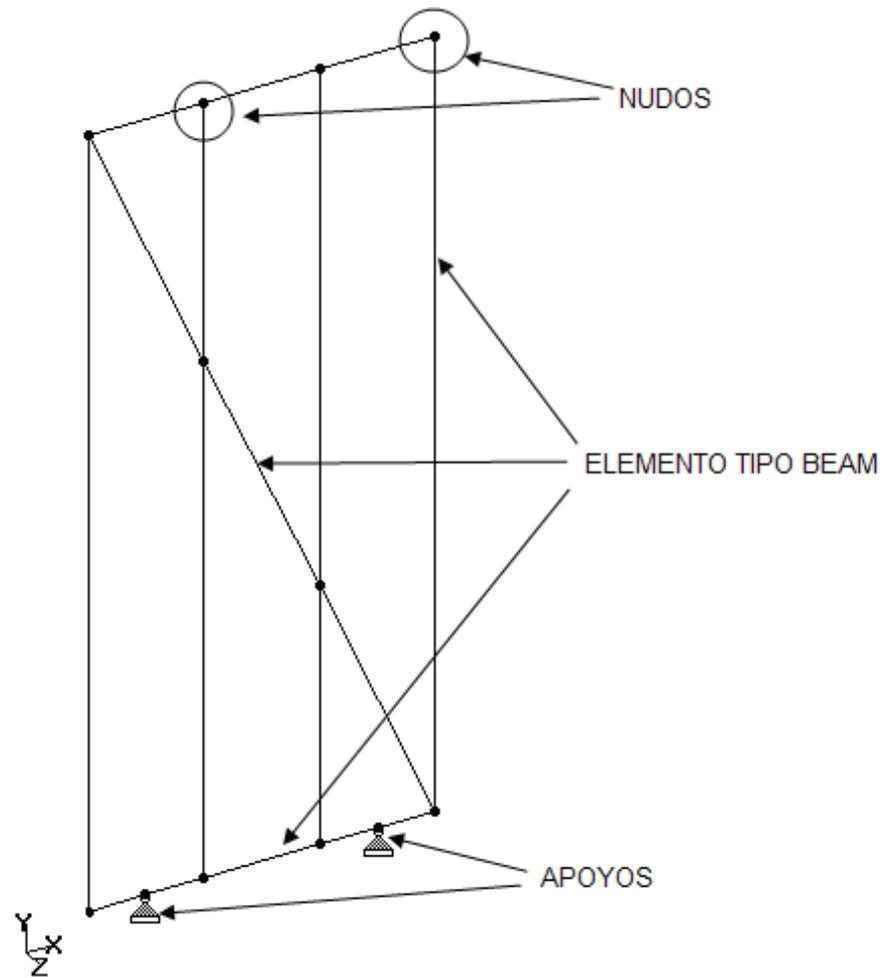


Imagen 5. 17 Modelo de panel sin recubrimiento.

5.3.1 Resultados

5.3.1.1 Paneles

La tabla 5.6 muestra los resultados promedios de tres ensayos obtenidos para cada tipo de panel; se observa que los paneles pierden rigidez de un ciclo a otro, lo que refleja una degradación de los materiales que los componen. En la tabla 5.6, P es la carga, Δ el desplazamiento y K la rigidez.

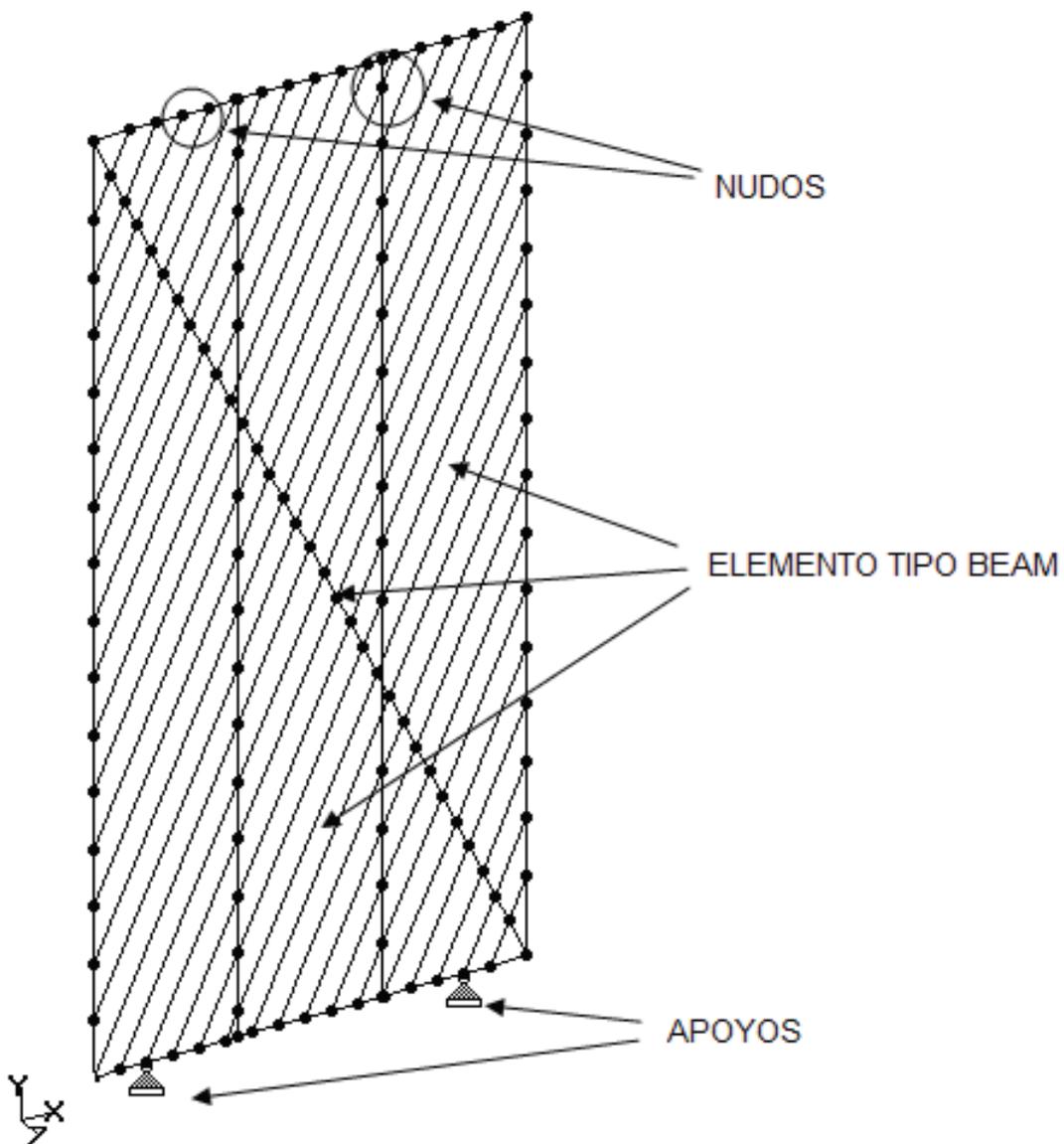


Imagen 5. 18 Modelo de panel de tiras.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

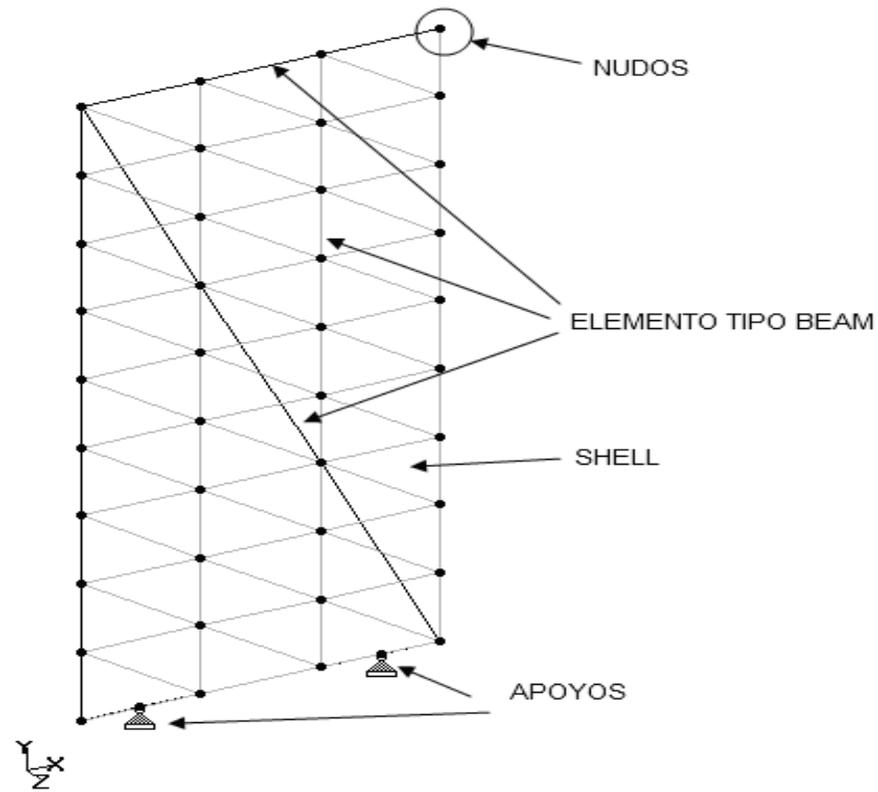


Imagen 5. 19 Modelo de panel en bahareque.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

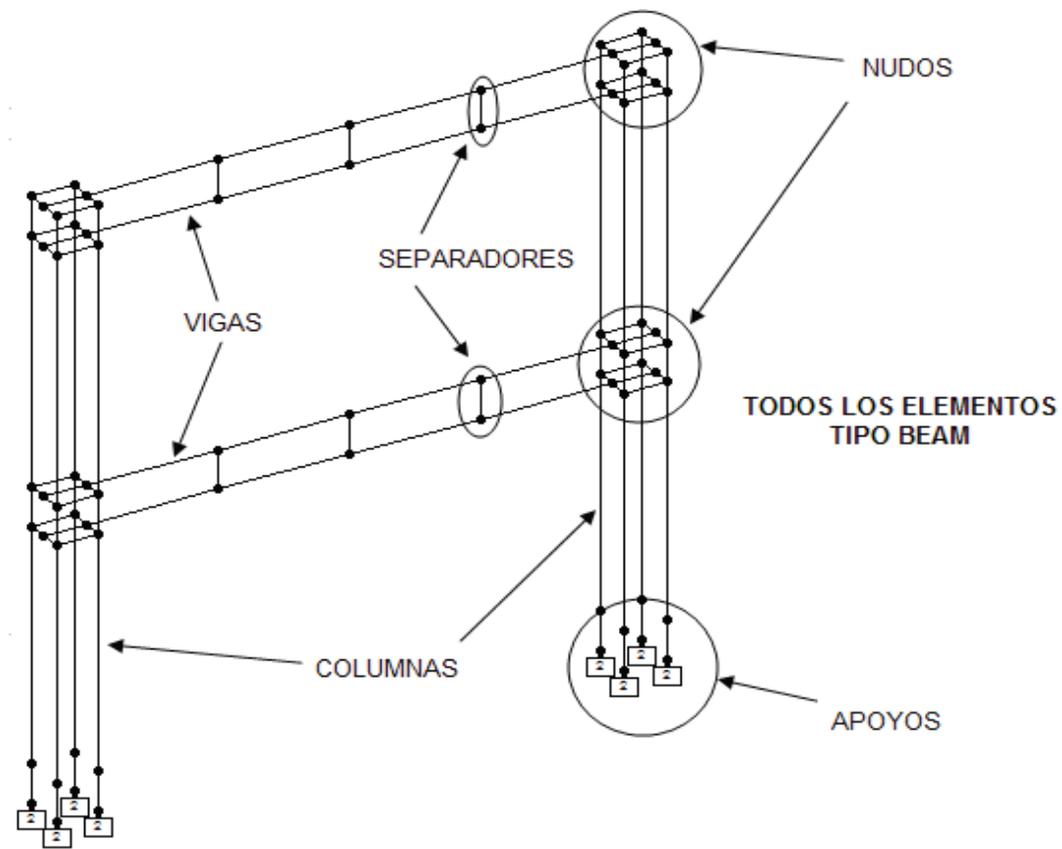


Imagen 5. 20 Modelo de pórtico sin paneles.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

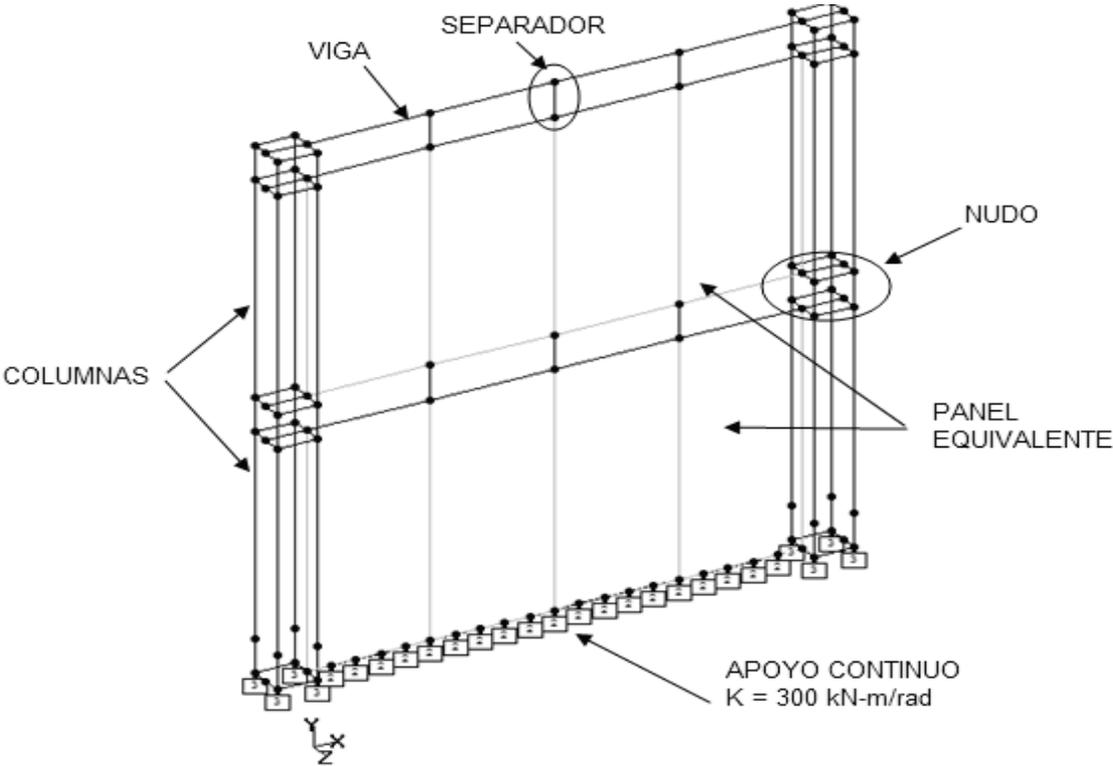


Imagen 5. 21 Modelo 1 de pórtico con paneles en bahareque encementado.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

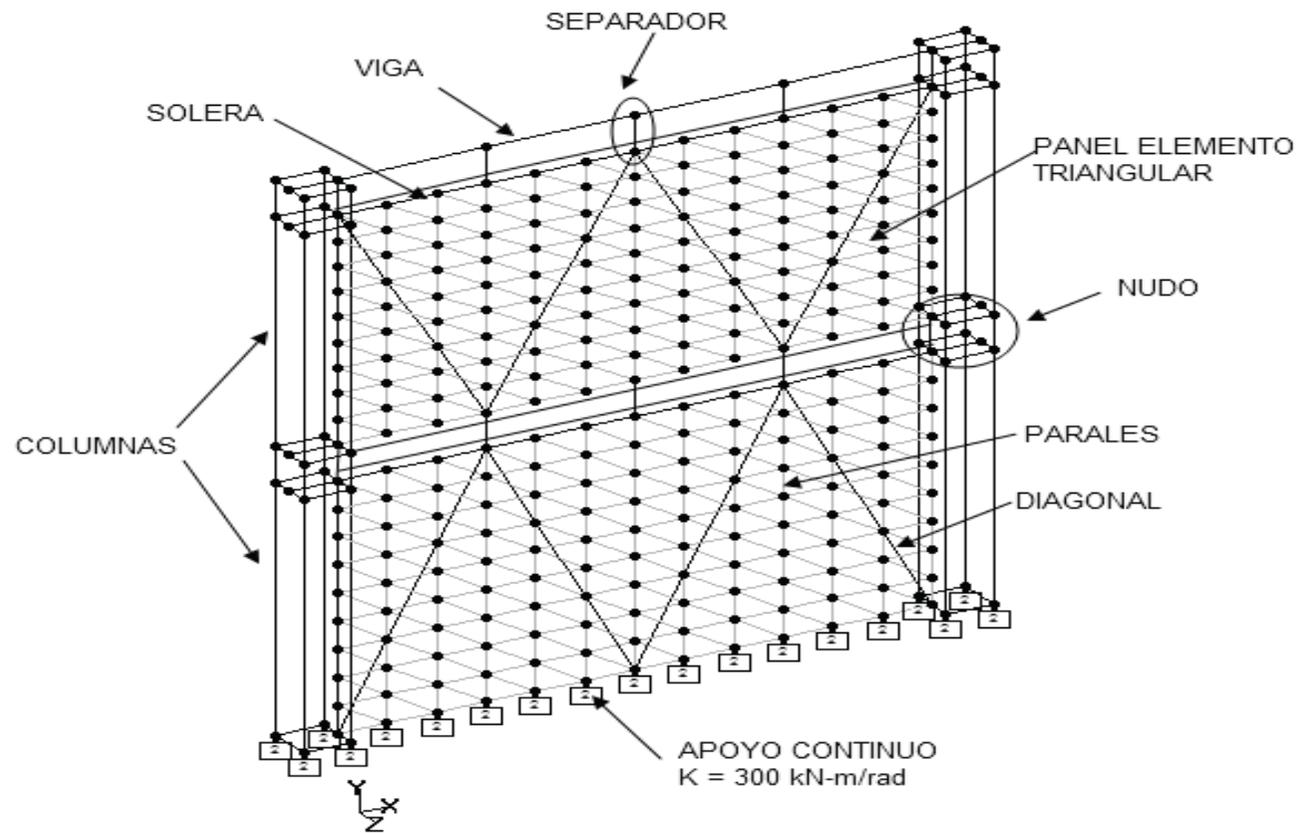


Imagen 5. 22 Modelo 2 Pórtico con paneles en bahareque encementado.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

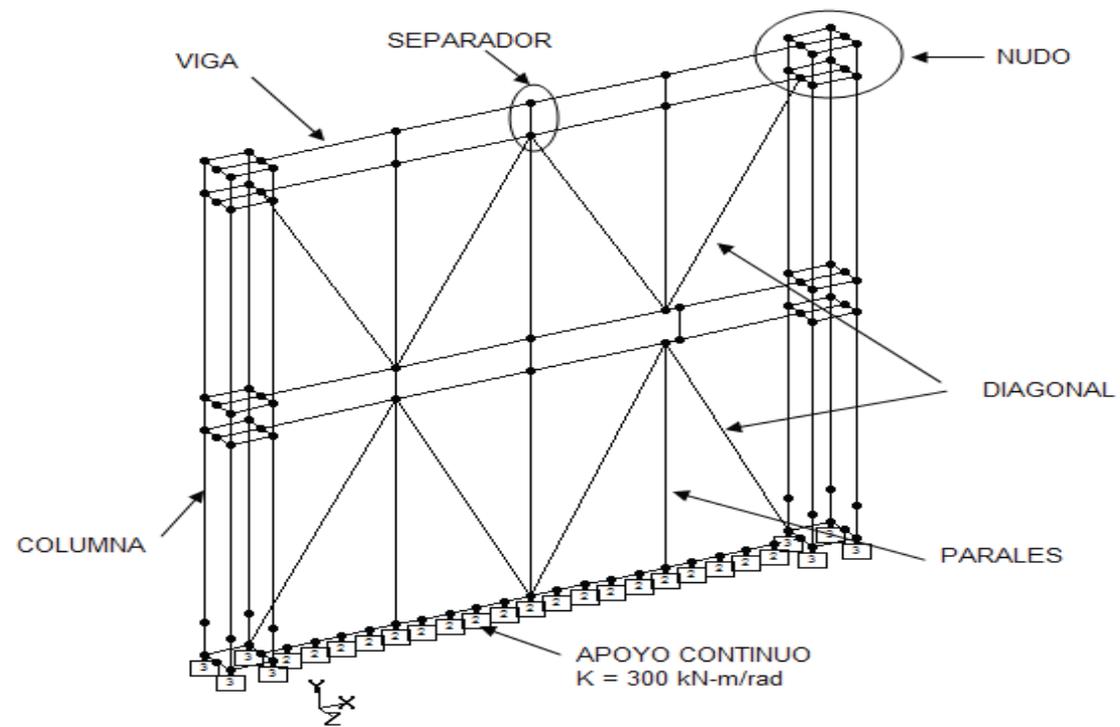


Imagen 5. 23 Modelo 1 de pórtico con paneles en tiras de guadua.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

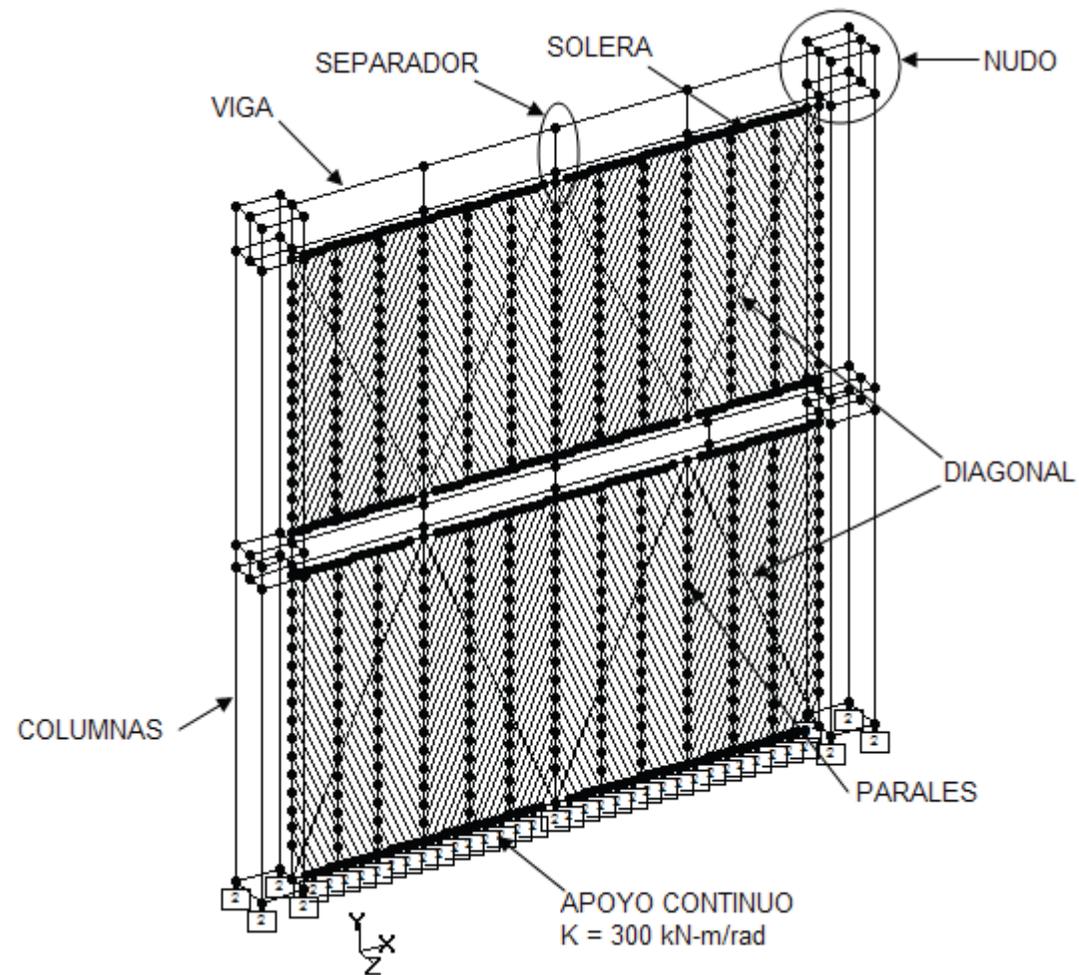


Imagen 5. 24 Modelo 2 Pórtico con paneles en tiras de guadua.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

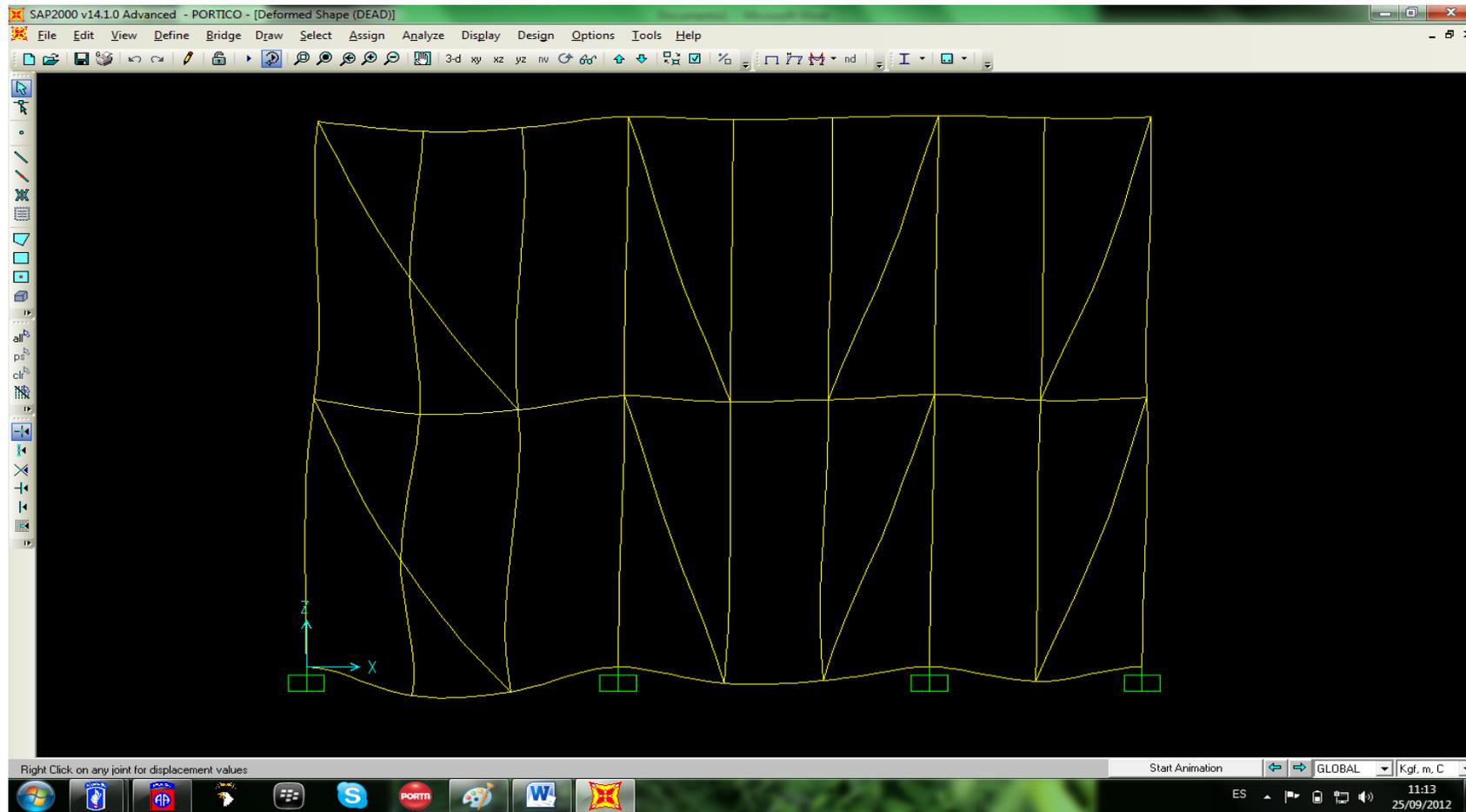


Imagen 5.25 Corrida del Modelo

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

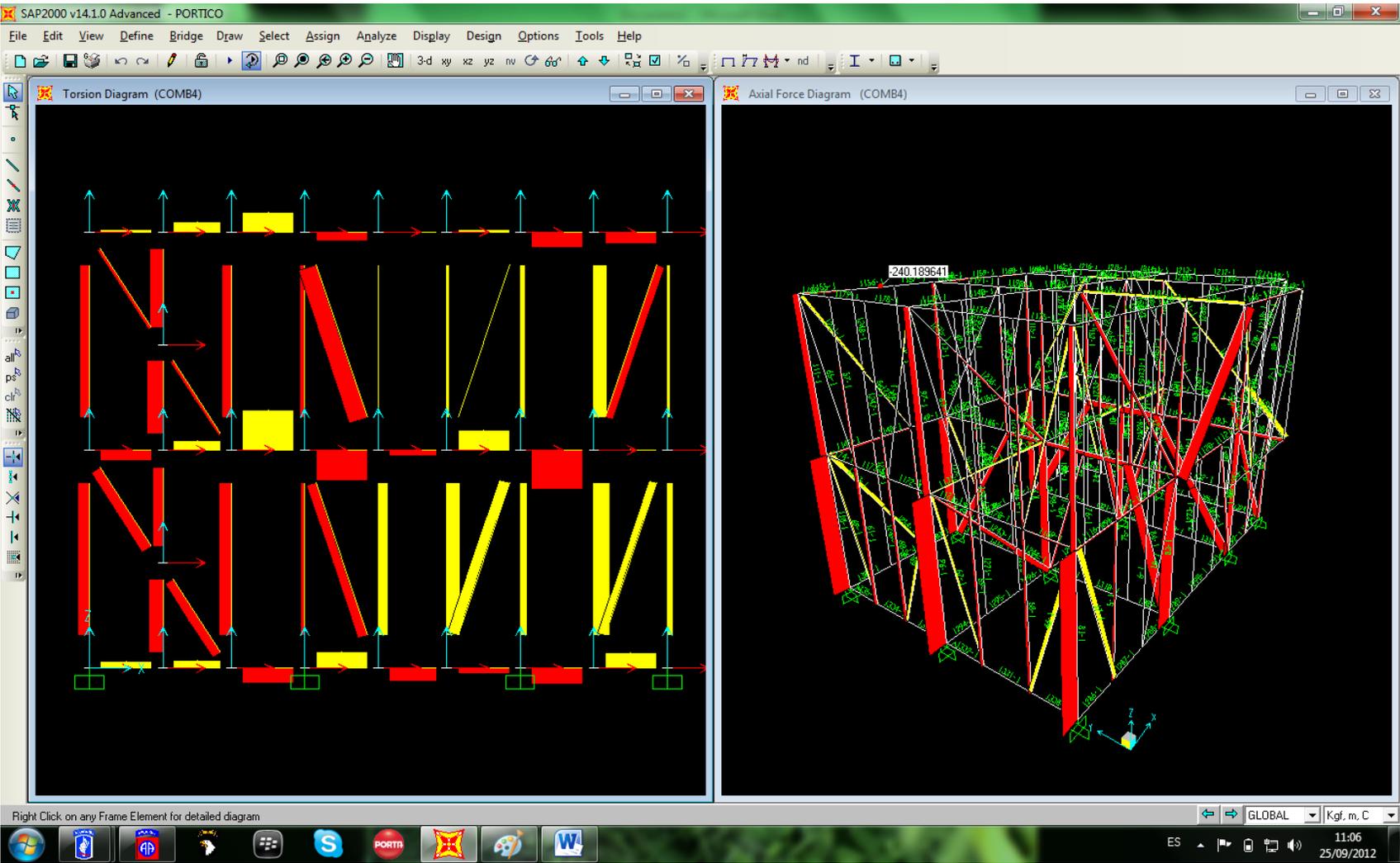


Imagen 5.26 Corrida del Modelo

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

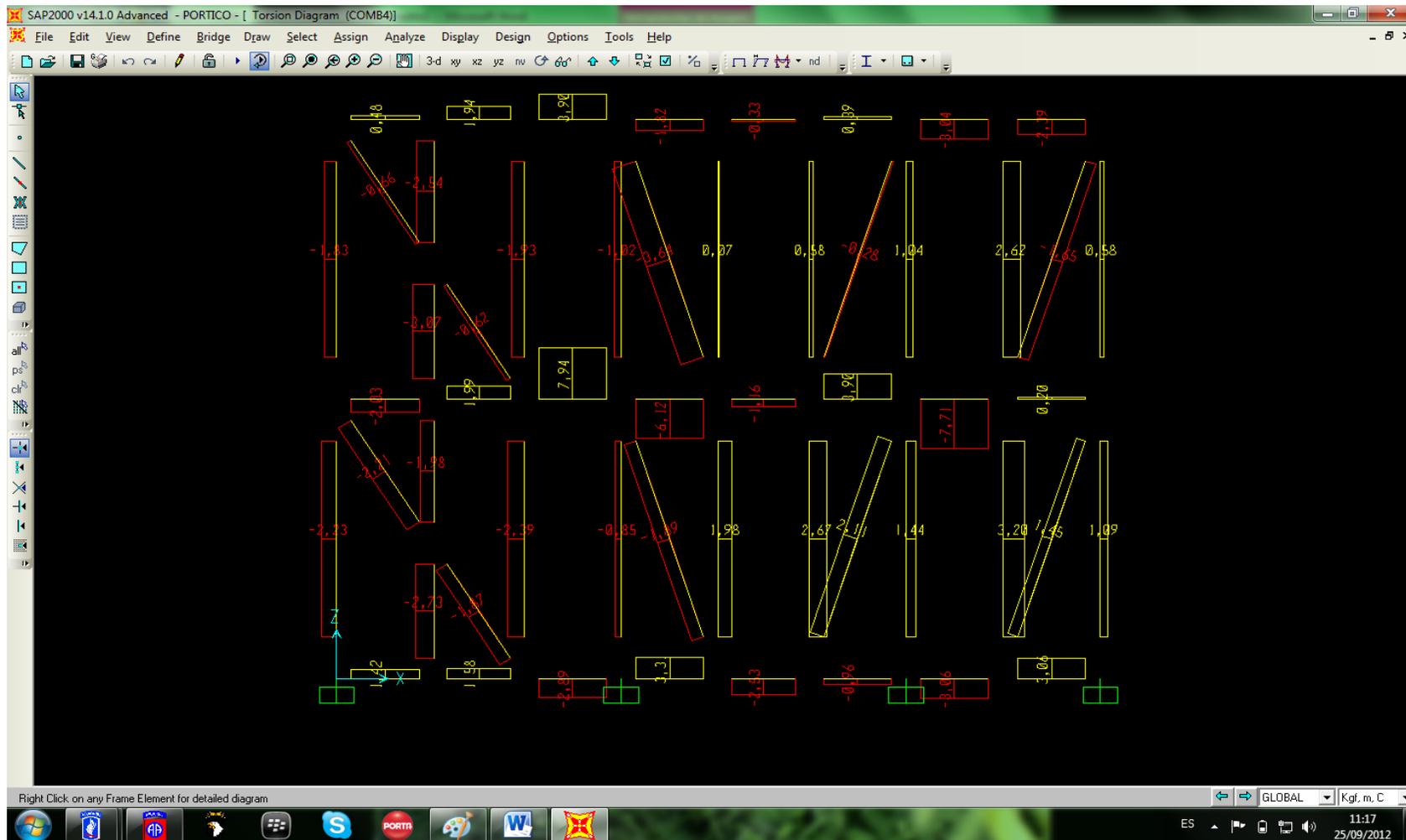


Imagen 5.27 Corrida del Modelo

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

TIPO DE PANEL	CICLO 1			CICLO 2			CICLO 3		
	P	Δ	K	P	Δ	K	P	Δ	K
	(KN)	(mm)	(KN/m)	(KN)	(mm)	(KN/m)	(KN)	(mm)	(KN/m)
SIN RECUBRIMIENTO	260	80	3.16	233	100	1.76	175	120	0.31
BAHAREQUE	533	120	5.74	480	120	3.97	242	80	3.18
TIRAS DE GUADUA	453	140	3.26	301	160	2.87	199	120	2.02

Tabla 5.6. Resultados experimentales en paneles

5.3.1.2 Viga que divide a la carga en dos puntos

La carga sobre el tronco de bambú debe ser constante a una confiabilidad de 1% esto quiere decir que se vaya tomando rango de carga para ir midiendo la deformación producida a esa carga esta taza puede ser a 0.05 milímetros / segundo y ser la carga máxima a la cual falla la guadua. Después de la prueba vuelva a medir D el diámetro externo y el d diámetro interno. Determine el contenido de humedad que debe estar alrededor del 30%

- **Cálculo y expresión de resultados**

El esfuerzo último de flexión estático es calculado de la siguiente manera:

$$\sigma_{ult} = \frac{Mult * c}{I}$$

Donde:

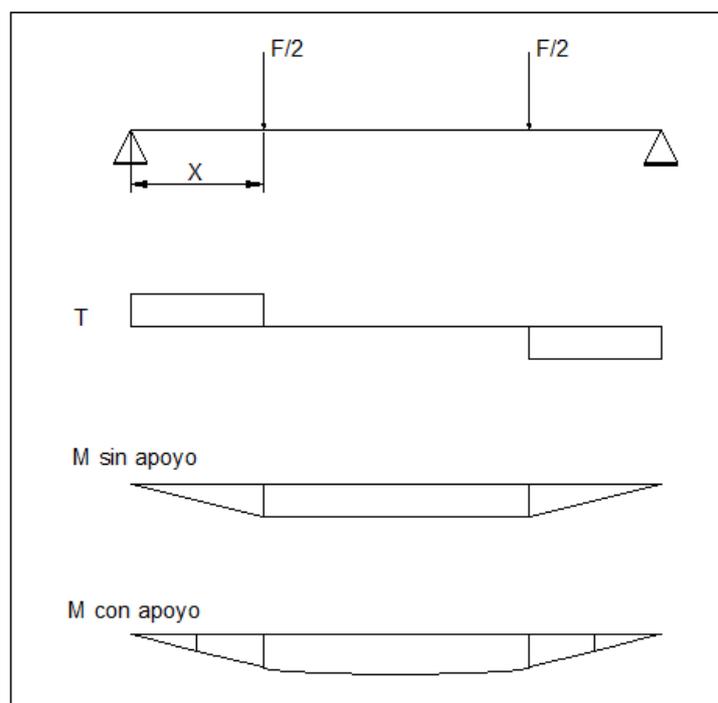
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

σ_{ult} = Esfuerzo Máximo de flexión en MPa

C = Centro de Gravedad que esta a D/2 mm

I = Momento de inercia en mm⁴

M_{ult} = Momento ultimo de flexión en N * mm



Modelo matemático del ensayo de flexión

$$M_{ult} = 0.5 F_{ult} * x$$

Donde:

X = Distancia del apoyo a la primera carga en mm

F_{ult} = Fuerza ultima aplicada en N

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$I = \left(\frac{\pi}{64}\right) * (D^4 - (D - 2t)^4)$$

Para el módulo de elasticidad o módulo de Young es dado por la parte lineal del diagrama de esfuerzos deformación el módulo de elasticidad E es calculado con la siguiente formula

Formula de la deflexión en el centro de la viga

$$\delta_{max} = \frac{0.5 F * x}{24 EI} * (3L^2 - 4x^2)$$

Donde:

E = Modulo de elasticidad en MPa

F = Fuerza máxima en N

X = Distancia a la primera carga en mm

L = Distancia libre entre apoyos en mm

I= Momento de inercia en mm⁴

δ_{max} = Deformación máxima en mm

5.4 VIVIENDA TIPO DE DOS PLANTAS, SISTEMA CONSTRUCTIVO EN GUADUA

5.4.1 DESCRIPCIÓN

Se diseñara una vivienda unifamiliar de dos pisos son una altura libre entre pisos de 2.40m una área total construida de $35.5008m^2$, sobre un lote de $46.02m^2$ (5.16x8.92m); estas áreas se deben, una forma simple y regular sin asimetrías exageradas, las cuales conllevan a concentraciones de fuerzas no deseadas en algunos sectores, debido a movimientos de torsión por su falta de regularidad.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

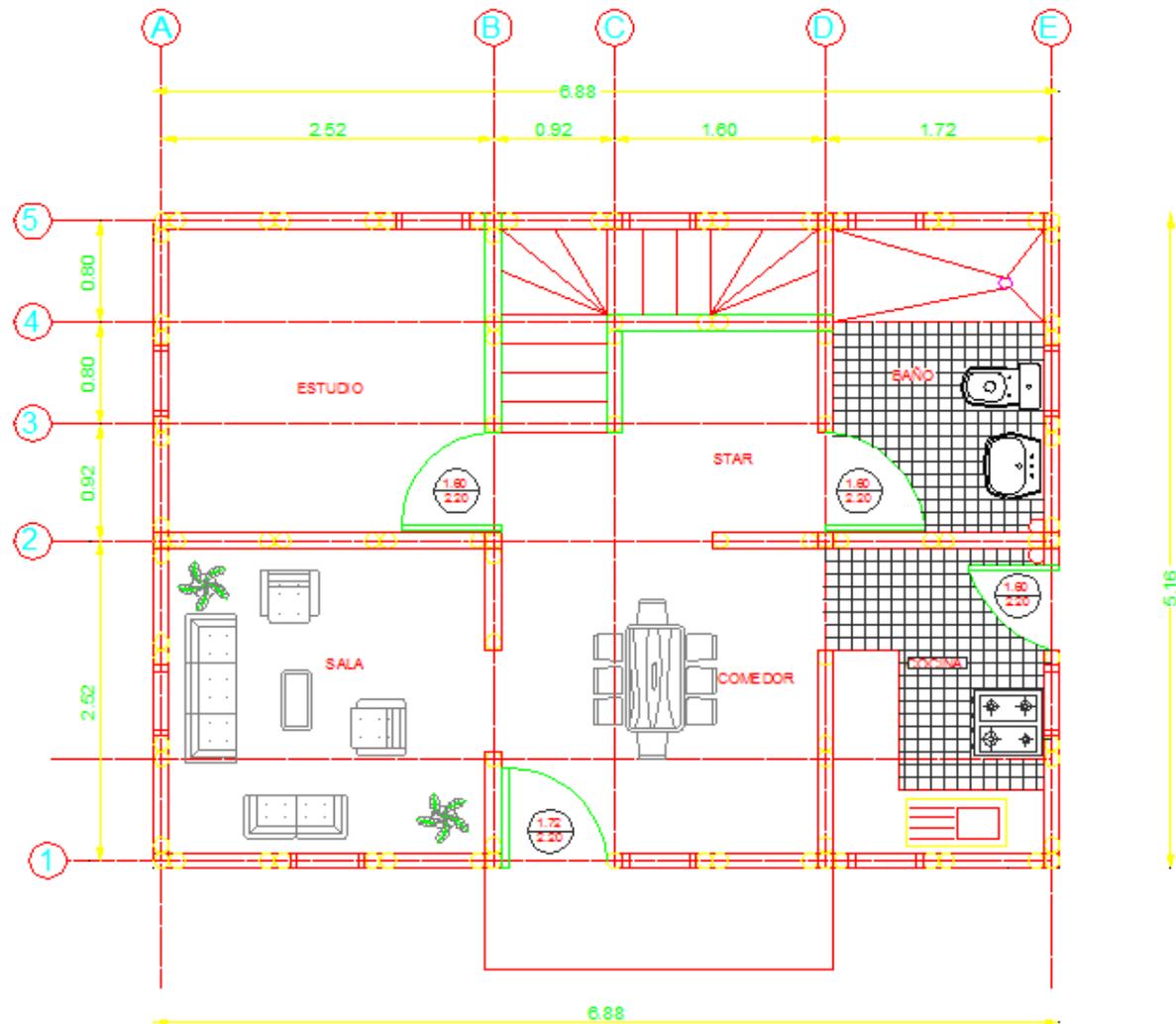


Imagen 5.28 Planta de primer piso

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

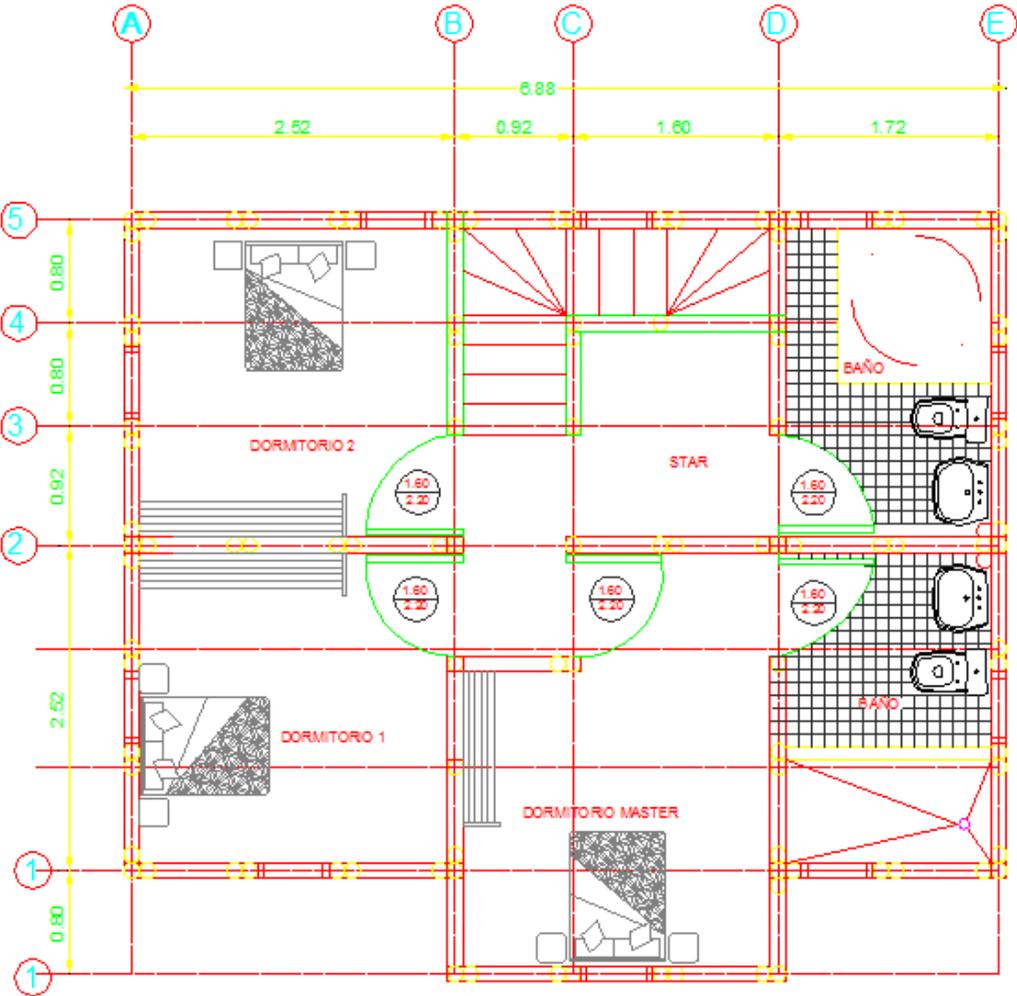
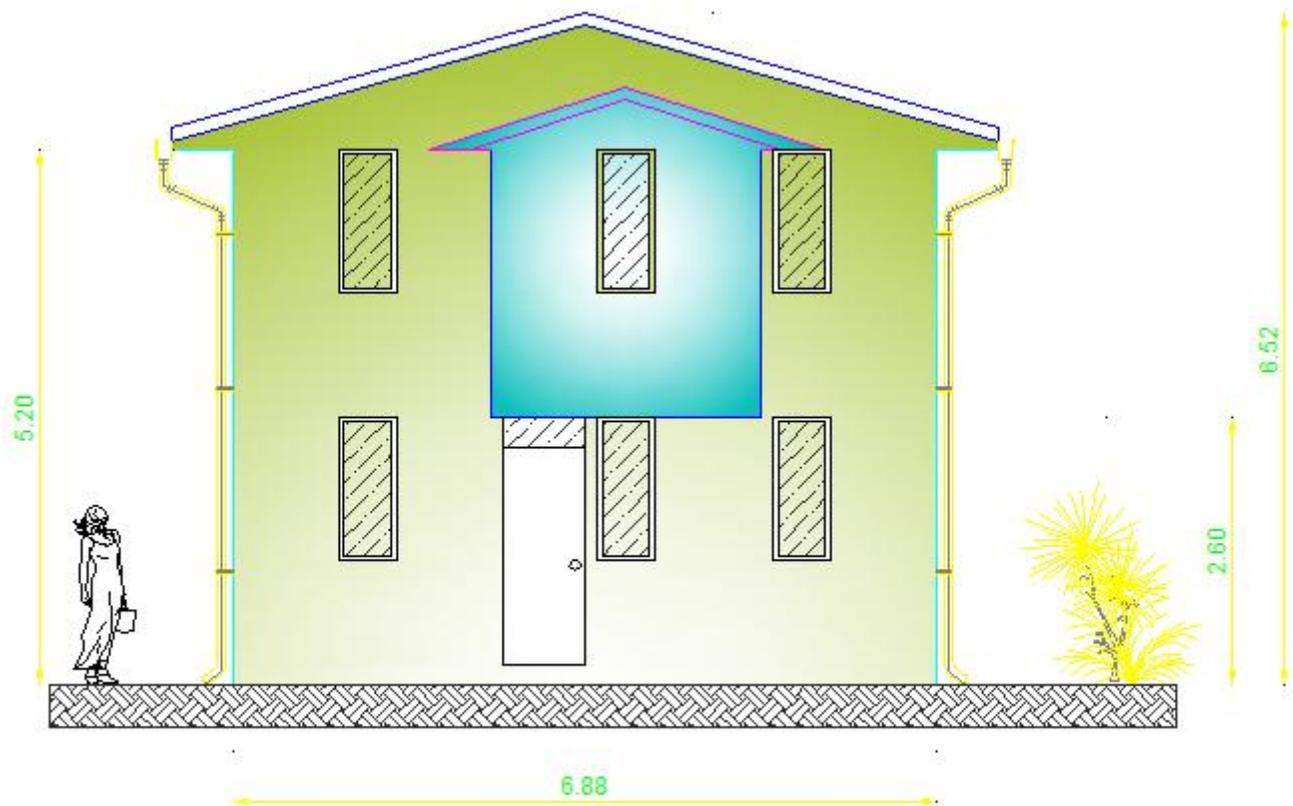


Imagen 5.29 Planta de segundo piso

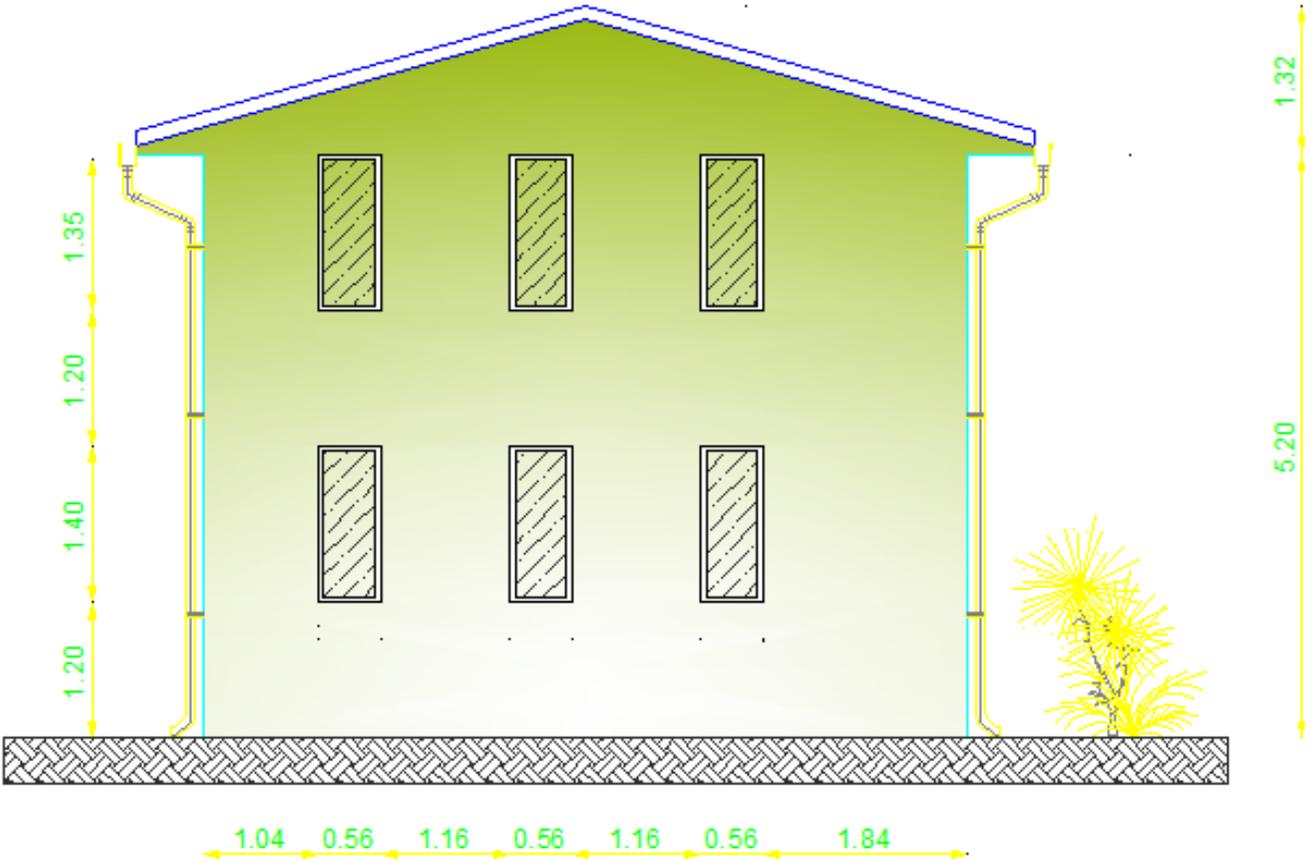
5.4.1.1 Fachadas



FACHADA FRONTAL

ESC: 1---100

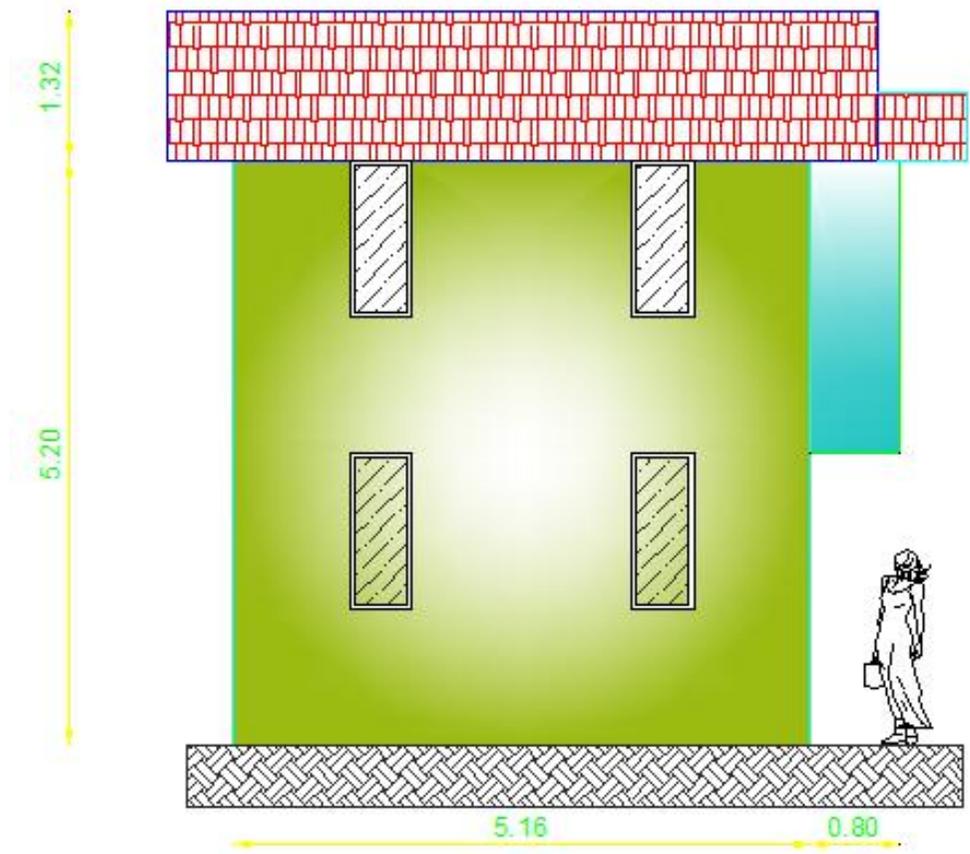
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



FACHADA POSTERIOR

ESC: 1---100

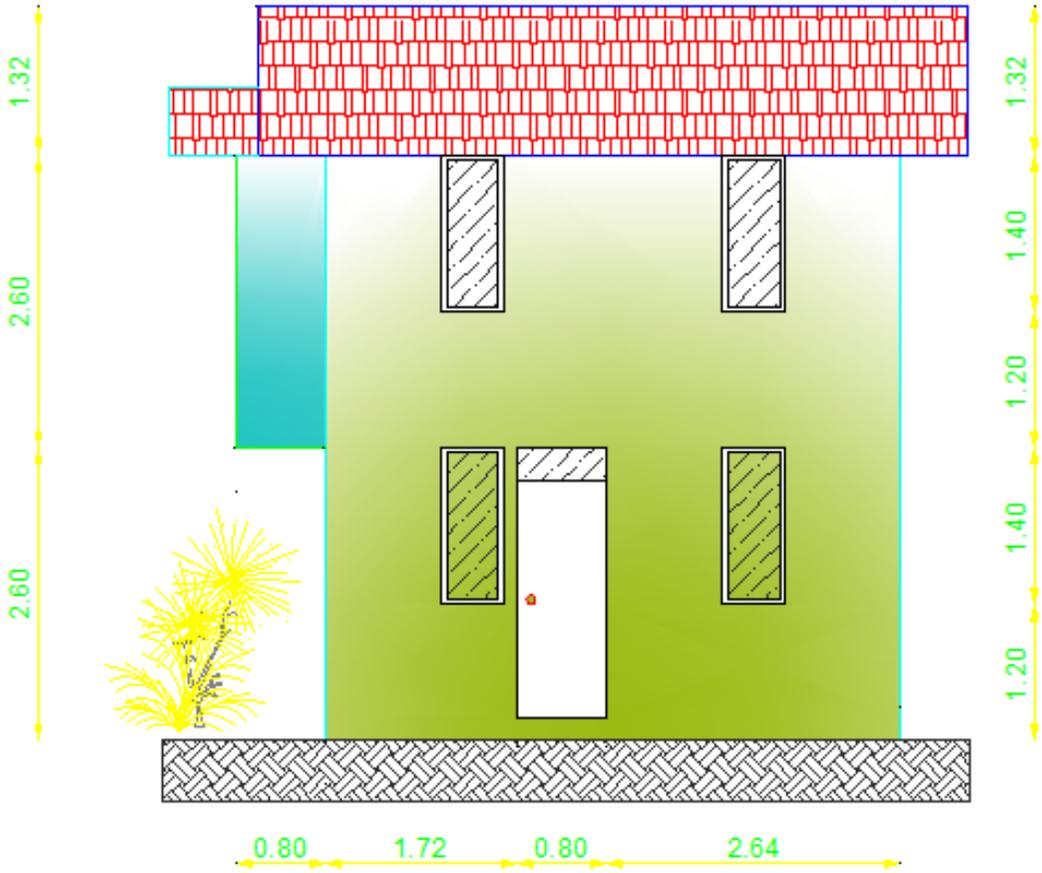
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



FACHADA LATERAL IZQUIERDA

ESC: 1---100.

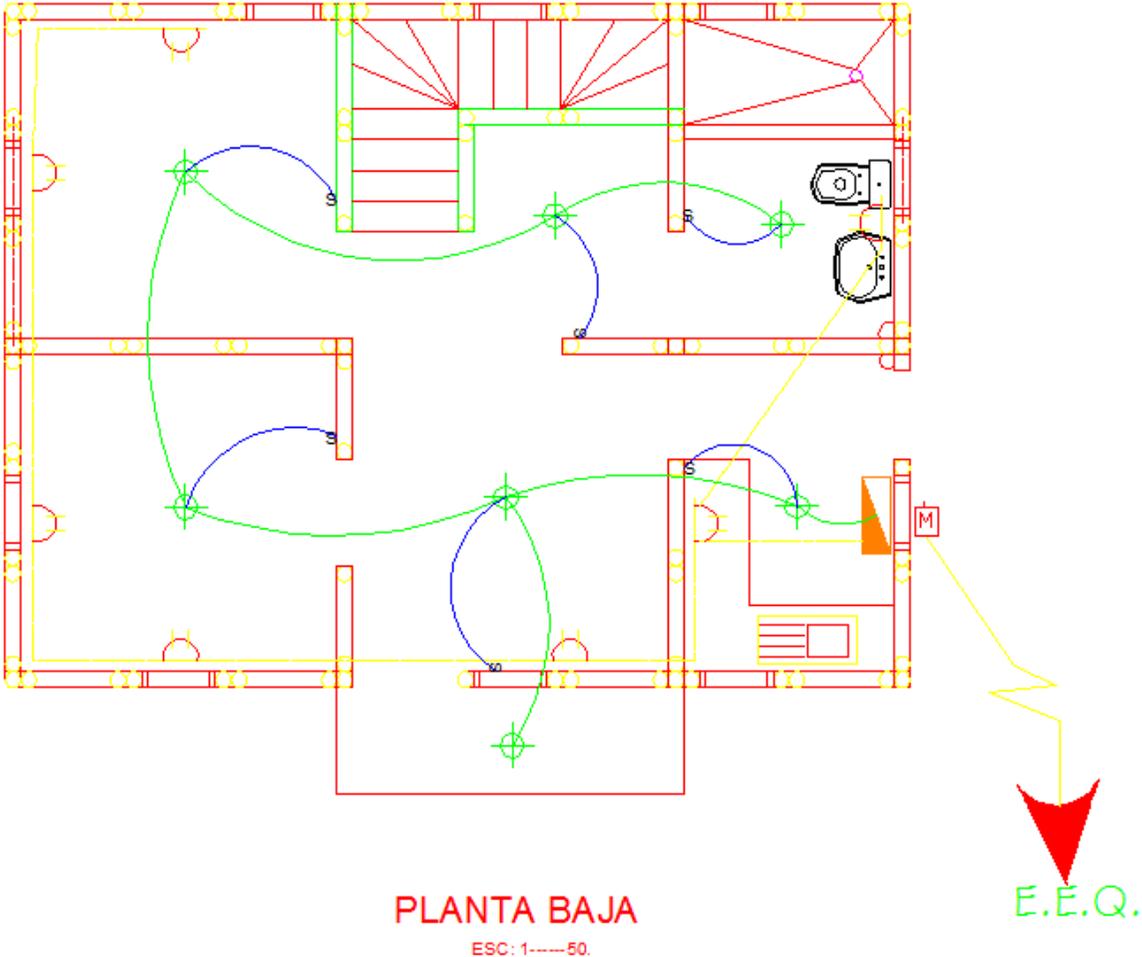
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



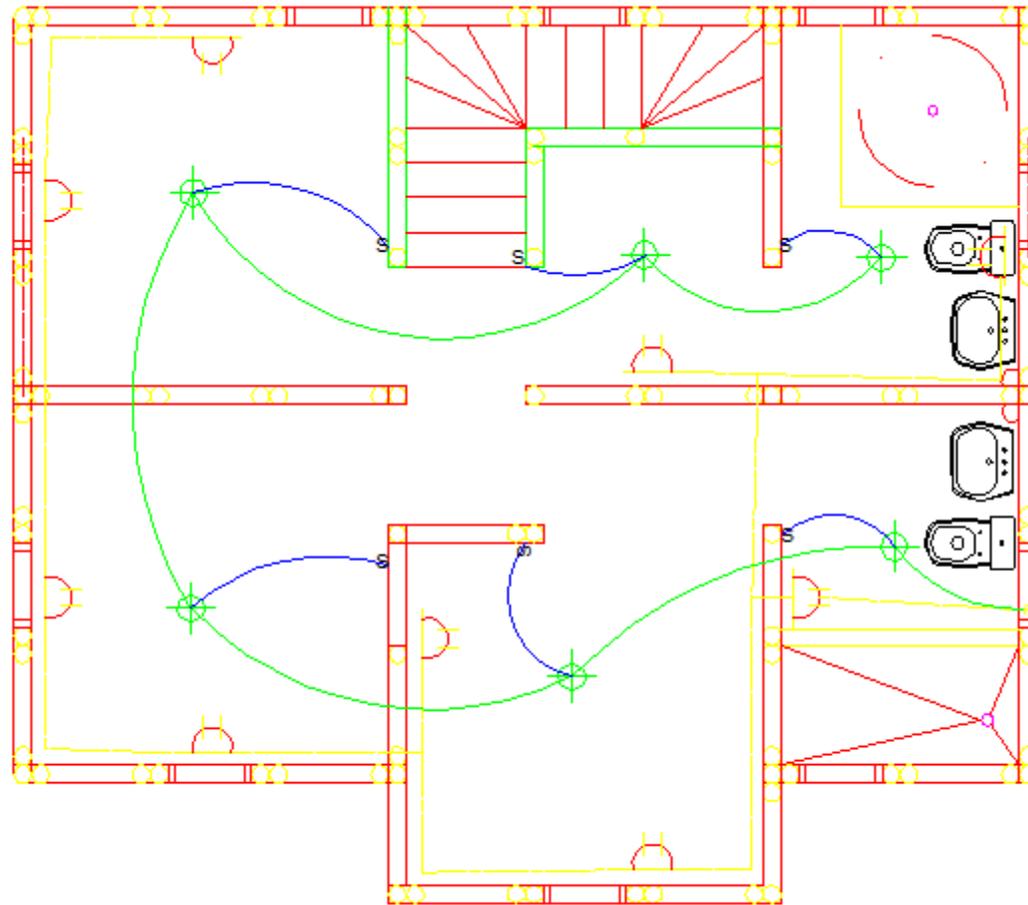
FACHADA LATERAL DERECHA

ESC: 1---100.

5.4.1.2 Instalaciones eléctricas



PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



PLANTA ALTA

ESC: 1---50.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Se analizarán uno a uno los puntos relacionados, también se realizará un análisis estructural de la vivienda en conjunto, para evaluar su comportamiento entre las diferentes cargas: Gravitacionales y sísmicas, y hallar las tensiones en los diferentes elementos que la componen. Se debe tener en cuenta que el buen comportamiento de una estructura depende de su geometría. Es decir, las viviendas deben presentar además lo elementos que la componen deben tener una buena continuidad con rigidices y dimensiones constantes, evitando al máximo cambios bruscos en ellas. Otro aspecto importante es la utilización d materiales adecuados para garantizar una buena resistencia de estos sollicitaciones, en especial de tipo sísmico.

5.4.1.3 LOSA ENTRE PISO

Se construirá una losa compuesta por vigas soleras de madera y viguetas de guadua, se muestra en planta la distribución de los elementos del entrepiso empleados.

La losa de entrepiso debe comportarse como un diafragma en su propio plano y ofrecer así un buen comportamiento de la estructura para una correcta utilización de todos los muros estructurales, para tal defecto debe proveerse el adecuado amarre de los elementos que la componen, debe considerarse también la correcta distribución de esta para soportar las cargas verticales (muerta y viva).

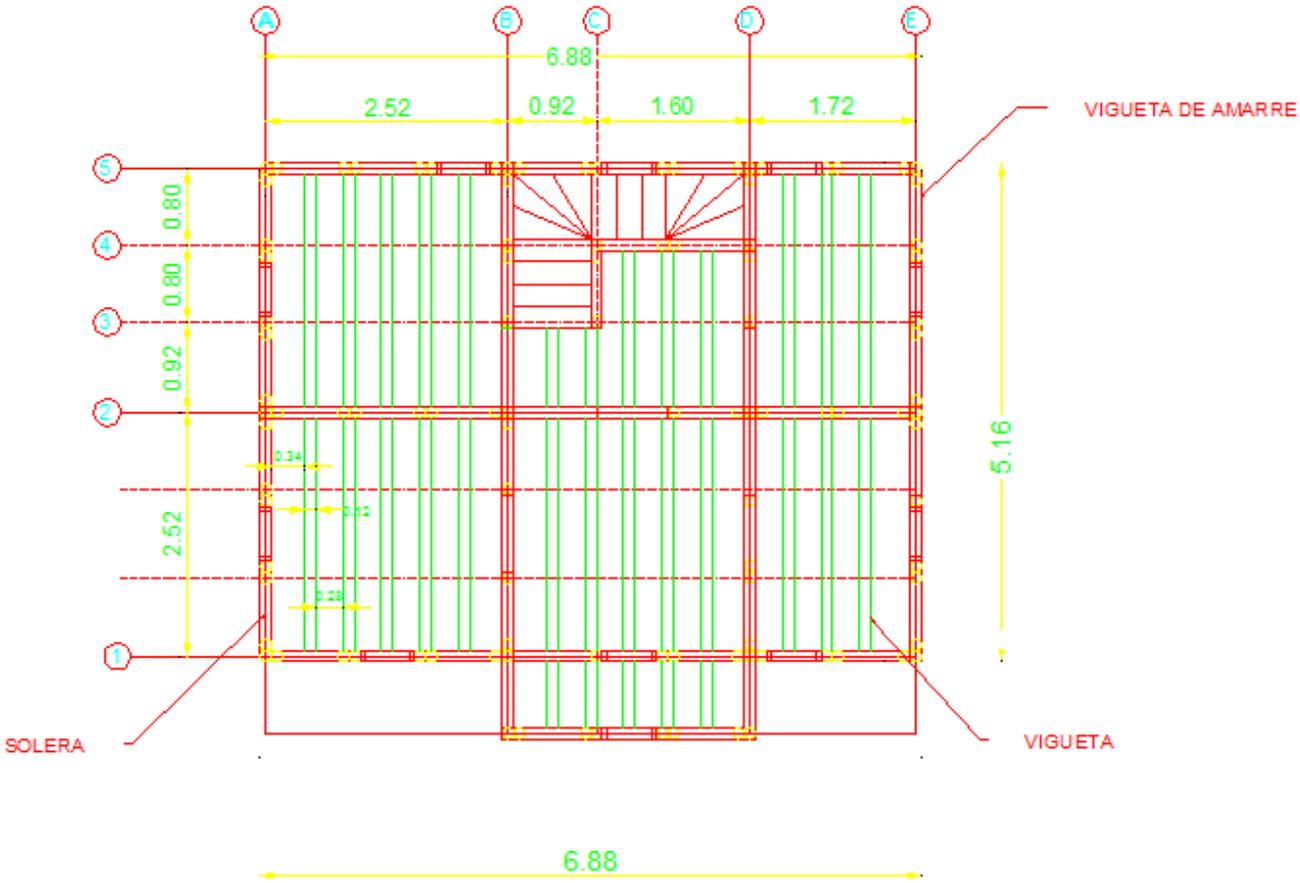
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Los entrepisos están compuestos por un conjunto de viguetas de madera o guadua, separadas entre sí máximo 40cm; en el caso de la guadua se deben usar mínimo dos superpuestas verticalmente y aseguradas por medio de un zuncho metálico; encargadas de soportar directamente las cargas del entrepiso, como son: acabados (esterilla, mortero y refuerzo) y las cargas vivas: las viguetas descansan sobre las vigas soleras que a su vez se apoyan sobre las carreras superiores de los muros estructurales del primer piso; para el caso de las dos soleras se recomienda construirlas en madera densa, ya que cuando son elaboradas en guadua se corre el riesgo de sufrir aplastamientos; se nota corte del entrepiso con viguetas de guadua.

En ningún caso la losa de entrepiso debe realizarse en hormigón reforzado, puesto que presenta una masa considerable y dificulta su conexión con los muros estructurales que la soportan.

Los acabados a emplear en la losa de entrepiso deben ser livianos para evitar la adición de demasiada masa a la placa, representando una disminución de la fuerza sísmica sobre la estructura; particularmente se recomienda aplicar una capa de colorante (mineral) como capa final; es conveniente no emplear baldosa de cemento ni de cerámica.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

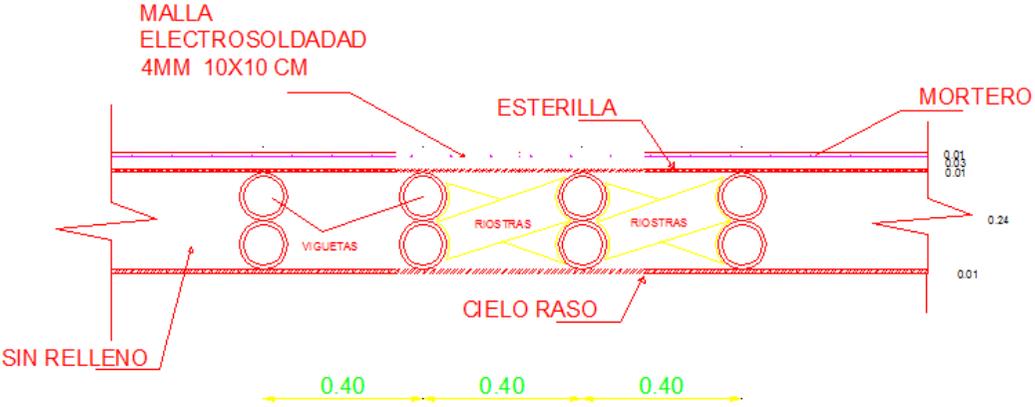


PLANTA ENTREPISO

ESC: 1—100.

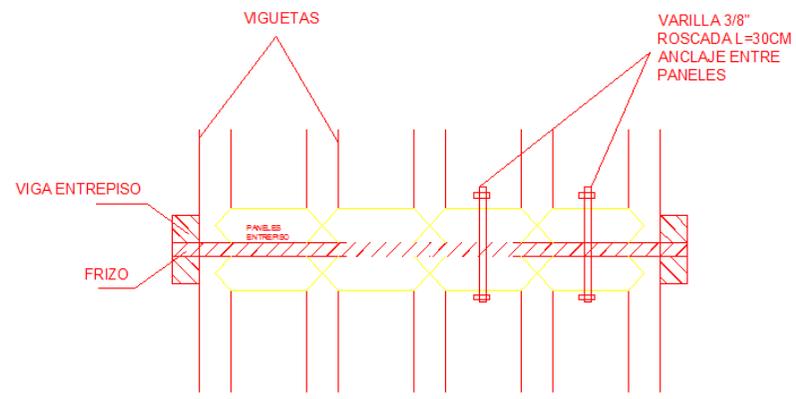
Imagen 5. 30 Planta entrepiso

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



DETALLE ENTREPISO

ESC: 1-----20.

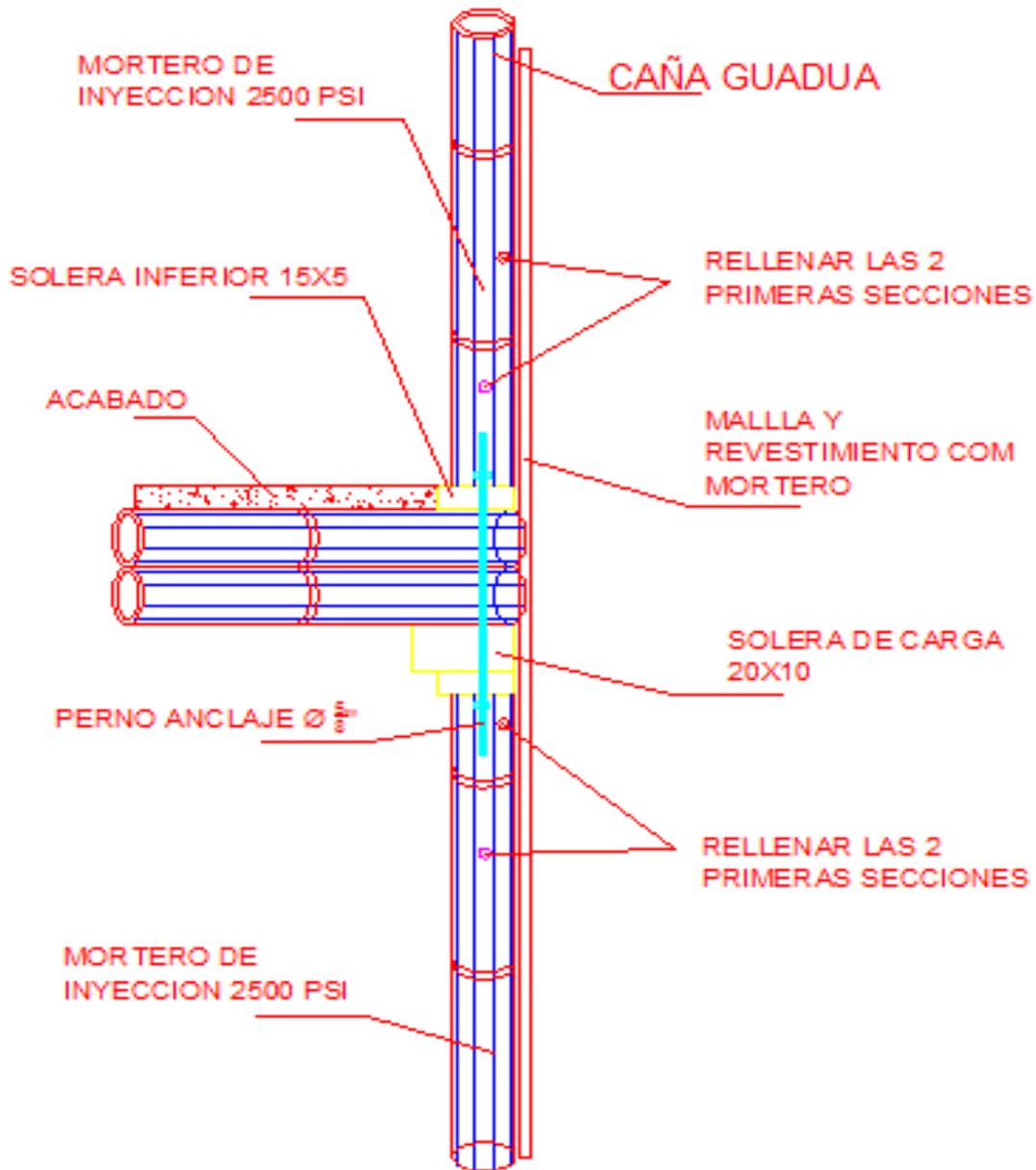


DETALLE APOYO PANELES SOBRE VIGAS DE ENTREPISO

ESC: 1-----20.

Imagen 5. 31 Cortes y detalles

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



DETALLE APOYO PANELES SOBRE VIGAS DE ENTREPISO

Imagen 5.32 Detalle apoyo paneles vigas de entrepiso

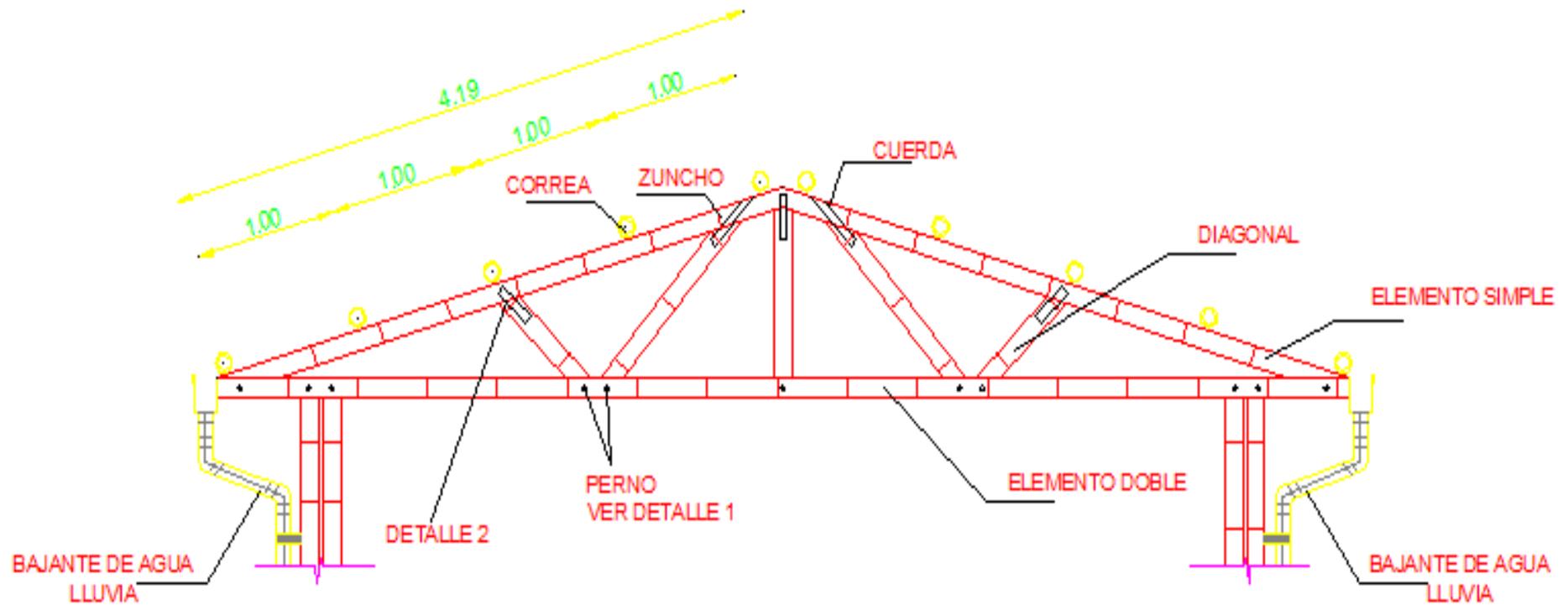
5.4.1.4 PLANTA DE CUBIERTA

La estructura de cubierta debe conformar un conjunto uniforme que garantice la estabilidad ante cargas laterales y un correcto soporte y distribución de cargas verticales; las cubiertas más empleadas en nuestro medio son las de cuatro y las de dos aguas, estas últimas son más útiles en el área urbana puesto que los lotes son más limitados, dejando las de cuatro aguas a las casas campestres.

Para que ese tipo de viviendas se recomienda no emplear tejas de barro, las cuales son demasiado pesadas y producen fuerzas mayores que la de tipo liviano al ser aceleradas por el efecto de las ondas sísmicas, en su defecto se deben emplear tejas de asbesto cemento o similares con la ventaja de encontrarse en diversos tamaños, colores y texturas, además de la utilización de menos material puesto que permite ampliar las luces entre correas.

Los principales elementos que constituyen una estructura de cubierta son las cerchas y correas; en muchos casos las casas de paneles guadua presentan una longitud de muros considerable los cuales sirven de apoyo a la estructura de cubierta, conformado estos a su vez las cuchillas que darán la pendiente a la cubierta, cuando esto sucede su fabricación se hace de acuerdo a los elementos constituidos de las cuchillas.

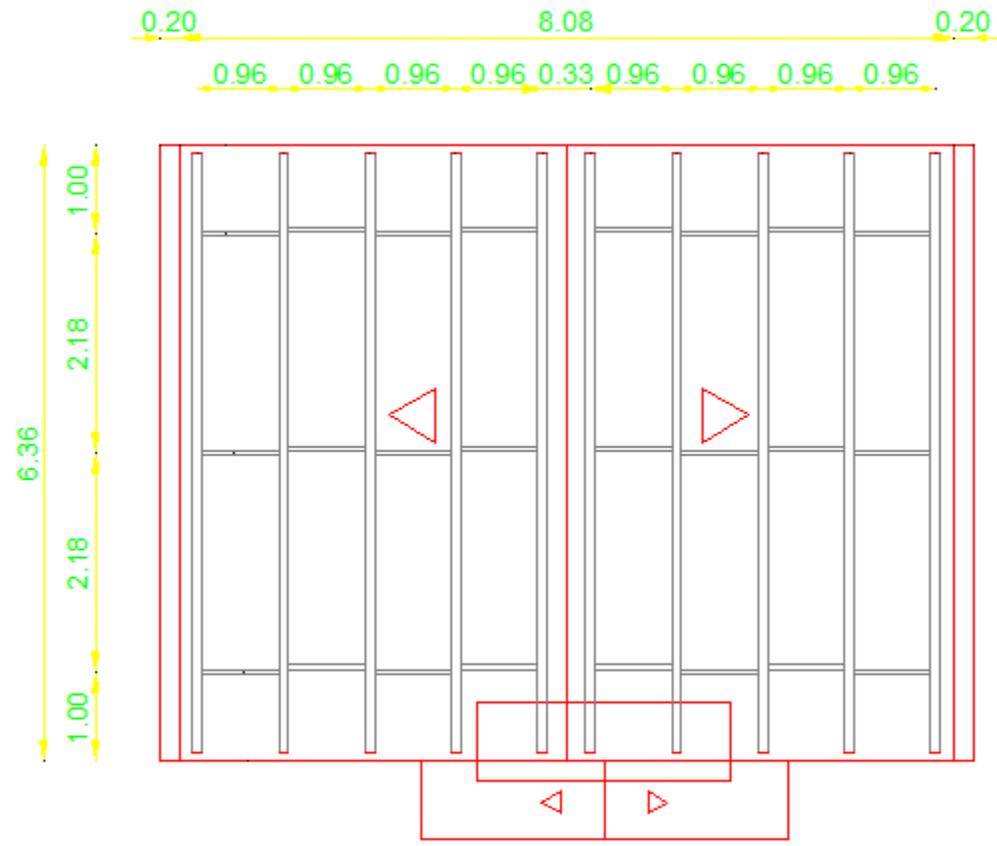
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



DETALLE ESTRUCTURA DE CUBIERTA

ESC: 1—50.

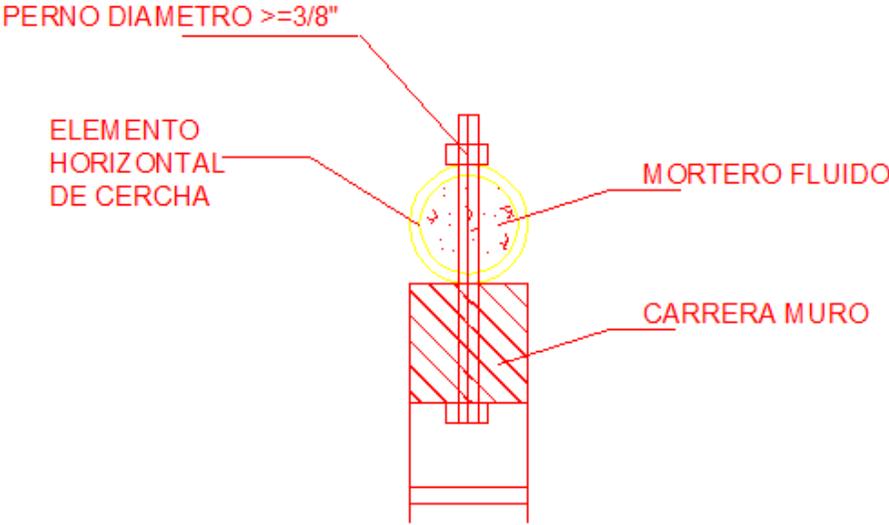
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



DETALLE CUBIERTA

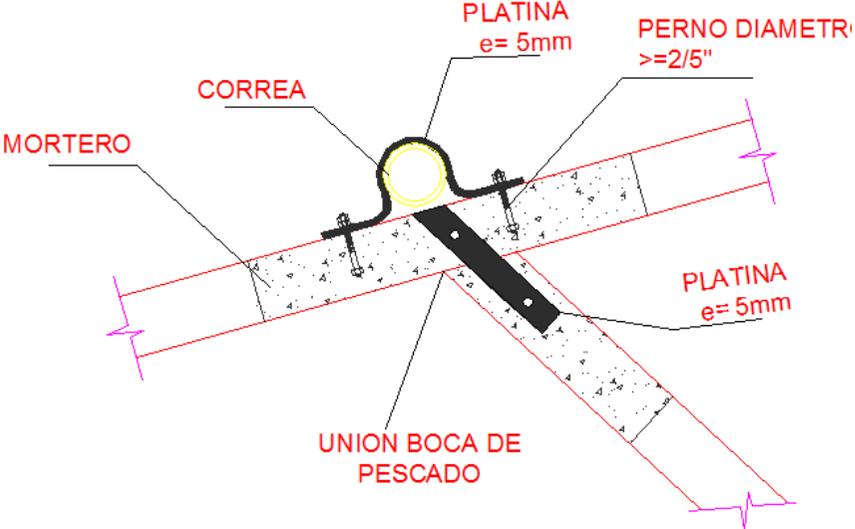
ESC: 1-----100.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



DETALLE 1

ESC: 1-----50.



DETALLE 2

ESC: 1-----50.

Imagen 5.33 Estructura de cubierta

5.4.1.5 PLANTA DE CIMENTACIÓN

Para viviendas de bahareque se recomienda emplear cimentaciones de hormigón reforzado apoyadas sobre el terreno natural firme o sobre una sustitución de suelo compactada; dicha cimentación debe conformar un diafragma de anillos cerrados los cuales deben asegurar la correcta distribución de cargas al suelo evitando asentamientos diferenciales.

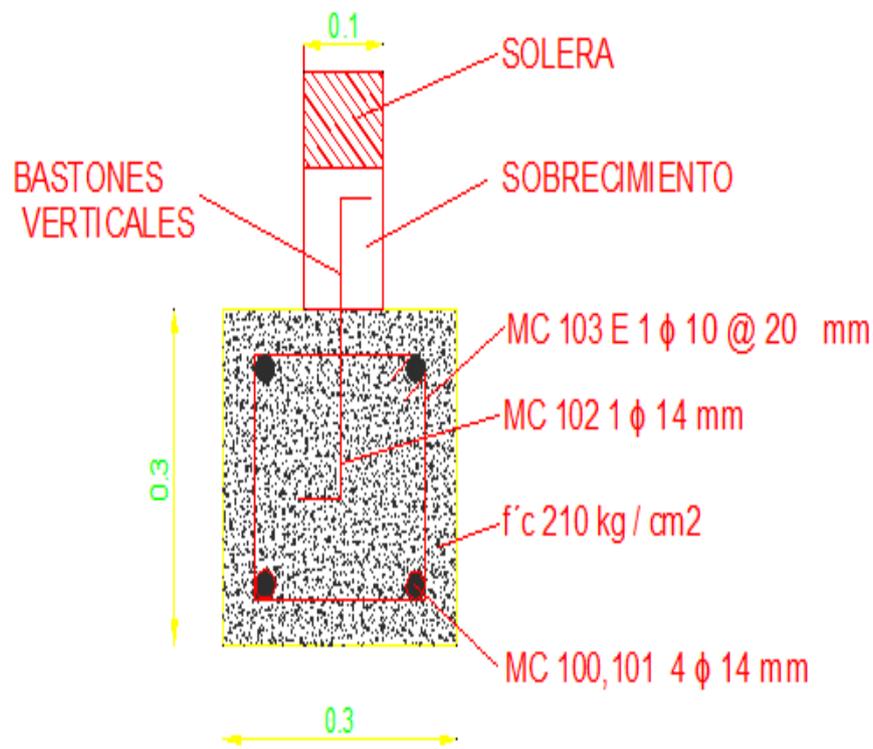
Del “Manual de construcción sismo resistente de viviendas de uno y dos pisos de bahareque en cementado” se extrajo la siguiente tabla, en donde se recomiendan las dimensiones mínimas, cantidades de refuerzo y calidad del acero y del hormigón:

	Un piso (mm)	Dos pisos (mm)	Calidad
Ancho	300	300	$F_c=17.25\text{MPa}$
Alto	300	300	$F_c=17.25\text{MPa}$
Acero longitudinal	6 ϕ 12	6 ϕ 14	$F_y=325\text{MPa}$
Estribos	ϕ 10 a 200	N°2 a 200	$F_y=325\text{MPa}$
Bastones verticales	ϕ 12	ϕ 14*	$F_y=325\text{MPa}$

Tabla 5.7 Recomendación de dimensiones mínimas, cantidades de refuerzo y calidad del acero y del hormigón.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Los bastones deben colocarse en los extremos de cada muro, en las intersecciones con otros muros, y en lugares intermedios, a distancias no mayores de 35 veces el espesor efectivo del muro o 4m, lo que sea menor, anclados a la viga de cimentación con una profundidad no inferior a la mitad de su altura. Si entre la cimentación hay una sobre cimentación de mampostería o concreto, los bastones deben estar embebidos en esta, por lo menos con una longitud de 300mm.



DETALLE DE VIGA DE CIMENTACION

ESC: 1-----20.mm

Imagen 5.34 Detalle de la viga de cimentación

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

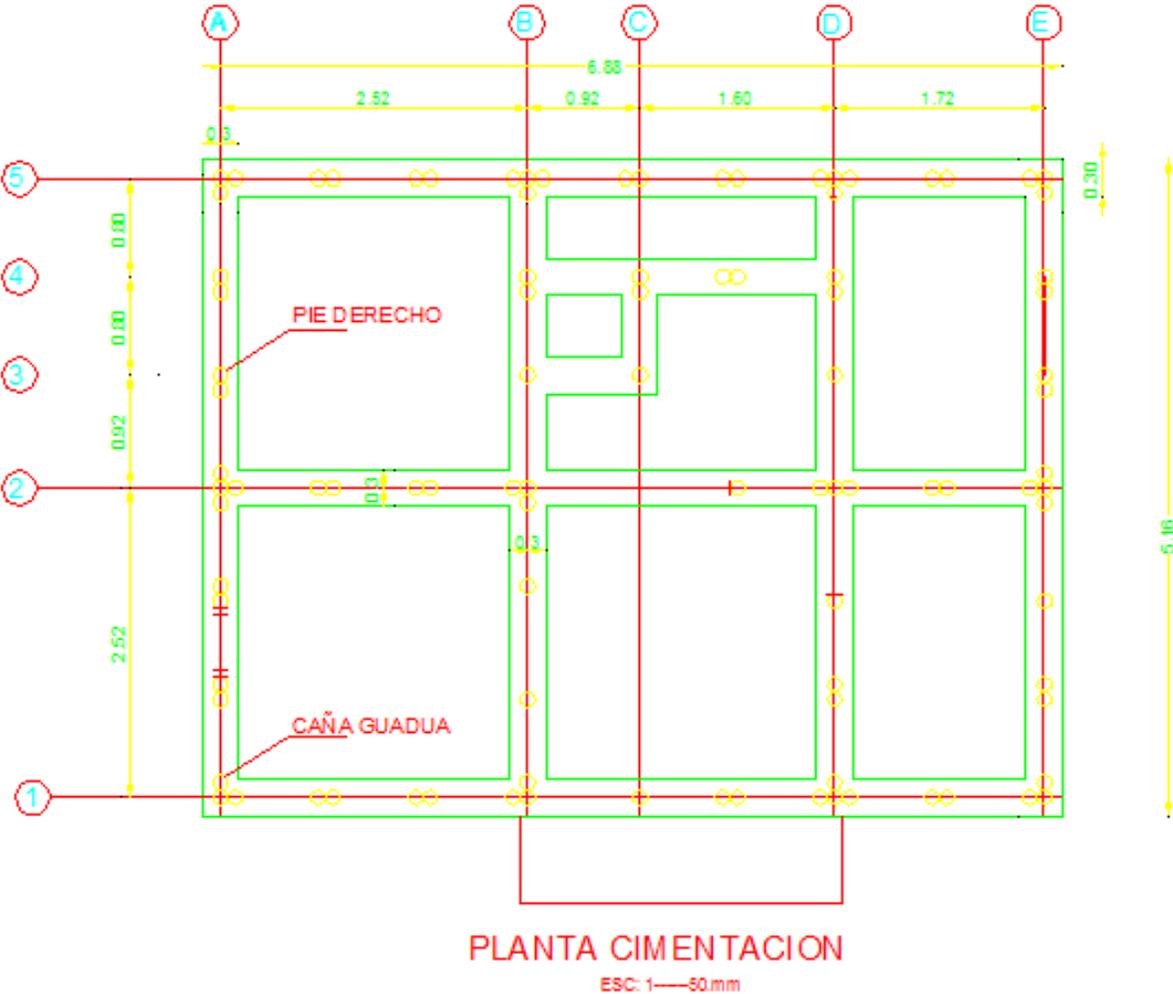


Imagen 5.35 Planta de cimentación

5.5 DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN GUADUA PARA LA VIVIENDA TIPO PROPUESTA, ATENDIENDO A NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN UNIVERSALMENTE ACEPTADAS

5.5.1 Cálculo hidráulico de casa unifamiliar de dos plantas

1. Evaluar la cantidad de habitantes

Se construye una casa unifamiliar de dos plantas para cuatro personas, la casa constó de una cocina, dos baños y un patio de ropas.

2. Se asigna dotación

230 lit/hab*día= dotación asignada por el acueducto de la región.

3. Determina mínimo volumen de reserva de agua

4 hab * 230 lit/hab * día= 920 lit/día

Volumen de diseño= $.092m^3$

Volumen de diseño= $1m^3$

4. Cálculo de la acometida

Presión en la red de acueducto **PDR**: 15 m.c.a

L: longitud tubería entre la acometida y el flotador del tk: 5.17 m

J: pérdida máxima admisible

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$J: PDR = 15/5.17 * 1.5 = 15/77.55 = 0.193 \text{ m/m}$$

$$L * 15$$

$$Q: \text{volumen} = 1000 = 0.0347 \text{ lit/seg}$$

$$\text{Tiempo } 8\text{h} * 3600\text{seg}$$

$$1\text{h}$$

Hazen William por pérdida de fricción:

$$\text{pvc} = 150$$

$$\text{asbestocemento} = 140$$

$$\text{hierro} = 100$$

$$\text{cobre} = 140$$

$$J: (Q/280 * C * \text{Diámetro } 2.63) 1.85$$

$$J: 80.0347/280 * 150 * \text{diámetro } 2.63) 1.85$$

Hallamos el diámetro

$$\text{Diámetro: } (0.0347 / 280 * 150 * J 0.54) 0.38$$

$$\text{Diámetro: } (0.0347 / 280 * 150 * 0.193 0.54) 0.38$$

$$\text{Diámetro: } 0.0068\text{m} * (1 \text{ pul} / 0.0254\text{m})$$

$$\text{Diámetro: } 0.267 \text{ pul no es comercial} = 3/4"$$

Entonces tomamos 1 pul

5. Cálculo de la presión residual

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Pr flotador = PDR – HF – H estática – otras perdidas

H estática y otras perdidas se igualan a cero

Hf = J * L total {longitud tuvo + longitud accesorios}

Pr flotador = 15 – 0.013608 J: (Q / 280 * C * Diámetro 2.63) 1.85

Pr flotador = 14.9863 m.c.a J: (0.0347 / 280 * 150 * 1" 2.63) 1.85

J: 0.000324 mm

L total = 42

Hf: 0.000324 * 42

Hf: 0.013608

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

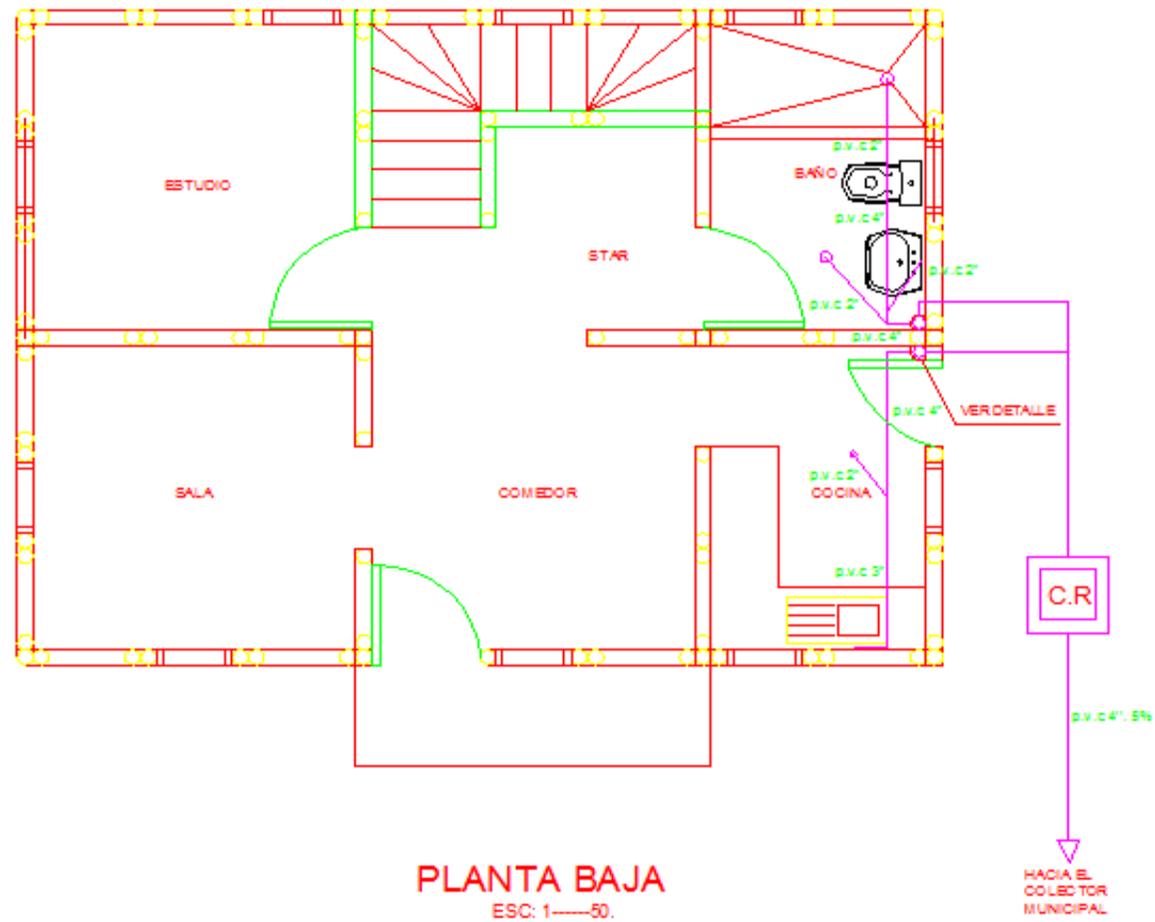
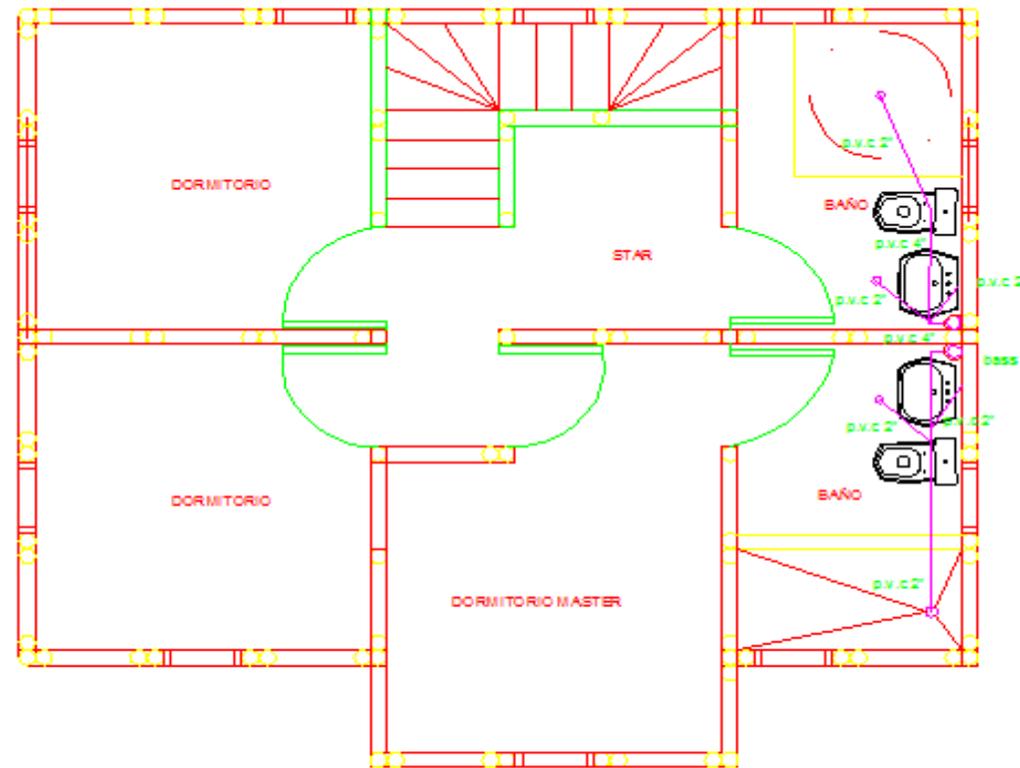


Imagen 5.36 Instalaciones sanitarias

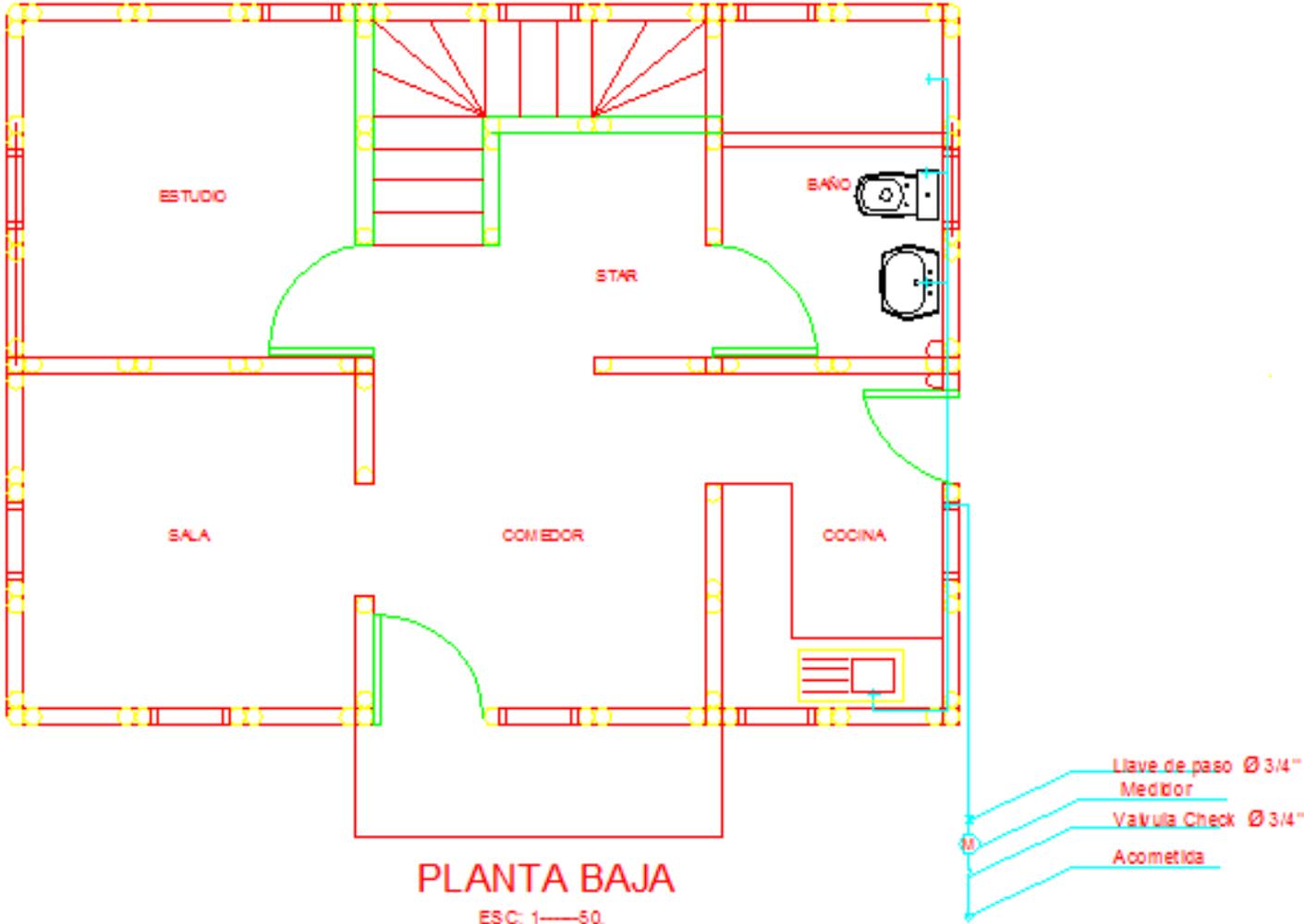
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



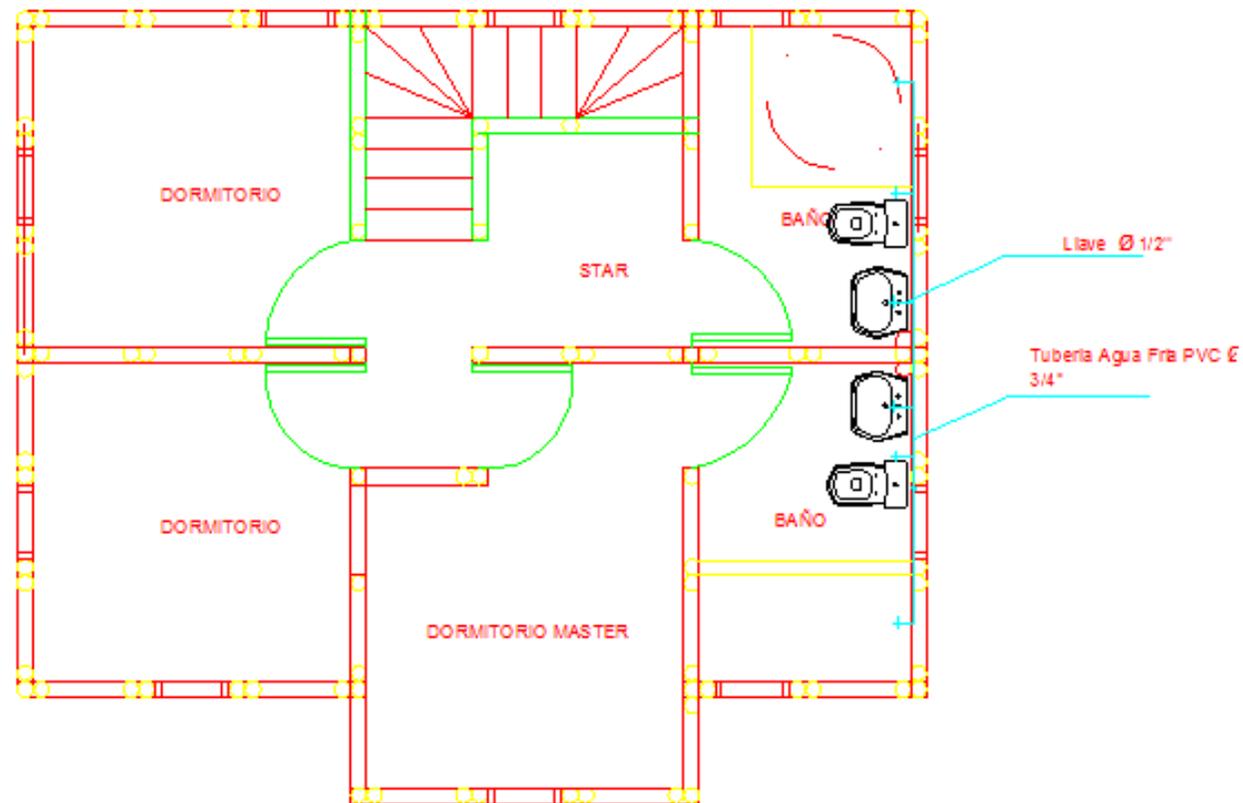
PLANTA ALTA

ESC: 1—50.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES



PLANTA ALTA

ESC: 1—60.

Imagen 5.37 Instalación red agua potable

5.5.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL

PROYECTO: VIVIENDA TIPO DE DOS PLANTAS, SISTEMA CONSTRUCTIVO CON PANELES EN GUADUA

5.5.2.1 Evaluación de cargas horizontales

Ciudad: Santo Domingo de los Tsachilas

Zona de Amenaza Sísmica: Intermedia (Apéndice A-3 NSR-98)

Aa = 0.2

Coeficiente de Sitio: Perfil de suelo S-2 (A 2.4 NSR-98)

S= 1.2

Coeficiente de importancia: Grupo I Estructuras de ocupación normal

I= 1 (A 2.5 NSR-98)

NIVEL	ÁREA (m^3)	MASA (kg)	ALTURA (m)
Primero	35.24	16562.8	2.8
Cubierta	45	6300	5.5
Total	80.24	22862.8	

Periodo Fundamental Aproximado: (A 4.2.2 NSR-98)

T= Ct hn^{3/4} = 0.1795734 seg.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Ct= Otros tipos de sistemas de resistencia sísmica = 0.05

Hn= altura desde la basa al piso más alto del edificio (m) = 5.5

Espectro de Diseño: (A 2.6 NSR-98)

Sa = 1.2 Aa S I / T = 1.603801

Valor máximo (si T < TC)

TC = 0.48

S = 0.576 seg

Sa= 2.5

Aa i =0.5

Valor mínimo (si T > TL)

TL = 2.40 S = 2.88 seg

Sa= Aa I / 2 = 0.1

Sistema Estructural de Resistencia Sísmica: (A 3.2 NSR-98)

Paneles de Cortante en Madera (guadua)

Material Estructural Empleado: Madera y Guadua

Capacidad de Disipación de Energía (A 3.5 NSR-96)

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En el Rango Inelástico: DMO (Capacidad Moderada de Disipación de Energía)

Coeficiente de capacidad de disipación de energía básico:

Valor de R0 = 4.5 (Tabla A 3-3 NSR-98)

Configuración Estructural de la Edificación: (A.3.3 NSR-98)

Configuración en la altura: $O_a =$ 1

Configuración en planta: $O_p =$ 1

Coeficiente de capacidad de disipación de energía para diseño:

(A.3.3.3 NSR-98)

Valor de R = $O_a O_p R_0 =$ 4.5

Método de Análisis Sísmico: (A.3.4 NSR-98)

Método de la Fuerza Horizontal Equivalente

Fuerzas Sísmicas Horizontales Equivalentes (A.4.3 NSR-98)

Cortante Sísmico en la base:

$$V_S = S_a \cdot g \cdot M = 30.87 \text{ KN} = 3.087 \text{ Ton}$$

$S_a =$ Máxima aceleración horizontal del Diseño = 0.5

$g =$ aceleración debida a la gravedad (m/s^2) = 9.8

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

M= masa total de la edificación (kg) = 63.00

Exponente según período fundamental de la edificación, como:

T= 0.179573 < 0.5 seg entonces K = 1

Nivel	mx	H*k	M*h*k	Cvx	Fx	Vx		
	(kg)	(m)			(KN)	(Ton)	(Kn)	(Ton)
I	16562.8	2.8	46375.84	0.572359	17.6687	1.77	17.77	1.77
cub	6300.0	5.5	34650.00	0.427641	13.2013	1.32	13.20	1.32
SUMA	22862.8		81025.84		30.87	3.09		

Torsión accidental: (A.3.6.7.1 NSR-98)

Suponer que la masa del piso está desplazada del centro, una distancia igual al 15% de la dimensión de la edificación de ese piso:

Nivel	Lx	Ly	Ty		
	(m)	(m)	(Ton*m)	(kN*m)	(Ton*m)
1	6.88	6	0.6078	5.300613412	0.530061
cub	7.8	6.5	0.51485	4.290418803	0.429042

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

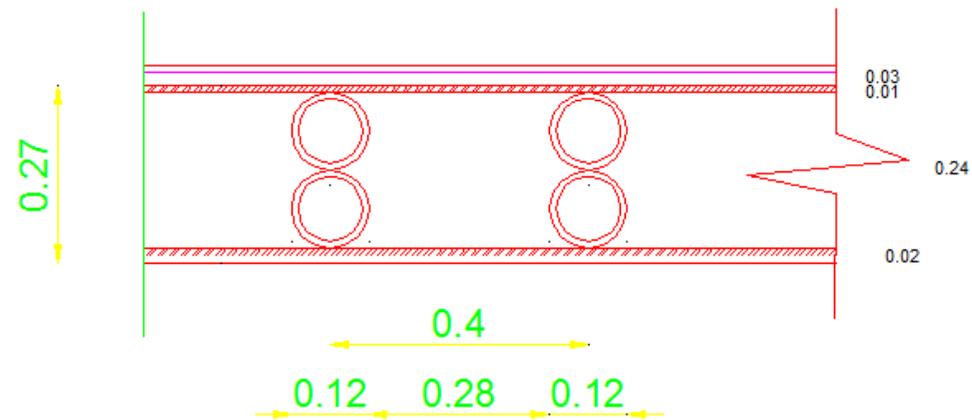
Fuerzas Sísmicas Reducidas de Diseño:

$$E = F_s / R$$

NIVEL	Ex		Vx	
	(Kn)	(Ton)	(Kn)	(Ton)
1	3.9263805	0.392638	3.92638	0.39264
Cub	2.9336197	0.293362	2.93362	0.29336
SUMA	6.86	0.686	6.86	0.68600

5.5.2.2 Evaluación de cargas

- Entrepiso en guadua: Sección



DETALLE VIGUETAS ENTREPISO

ESC: 1-----20.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Carga muerta:

ELEMENTO	NORMA	UNIDADES	
		kgf/m ²	kN/m ²
Entrepiso en madera	(B.3.3 NSR-98)	1.20	120
Mortero sobre entrepiso	(0.03m*2200kg/m ³)	0.66	66
Muros y divisiones internas	(B.3.4.3 NSR-989)	1.50	150
CARGA MUERTA ENTREPISO		3.36	336
Vigas entrepiso, de cubierta y columnas			
Peso Propio Estructura columnas		1.20	120
Peso teja colonial		0.14	14
TOTAL CARGA MUERTA		4.70	470

Carga viva:

ELEMENTO	NORMA	UNIDADES	
		kgf/m ²	kN/m ²
Carga Viva: Cubierta	(B.4.2.1 NSR-98)	0.50	50

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Carga Viva: Entrepiso		(B.4.2.1 NSR-98)		1.80	180	
TOTAL CARGA VIVA				2.30	230	
NIVEL	CM (sin peso propio)		CM (con peso propio)		CV	
	KN/m ²	Kgf/m ²	KN/m ²	Kgf/m ²	KN/m ²	Kgf/m ²
Cubierta	0.14	14	1.34	134	0.50	50
Primer piso	3.36	336	4.70	470	1.80	180

• **Columna sometida a compresión axial**

Base de cálculo:

- a) Madera del grupo C. Considerar la Guadua en este Grupo

Establece Implícitamente un Factor de Seguridad

- b) Carga concentrada = 6000 kg

- c) Condiciones de apoyo:

K = 1.5

Longitud (1) = 2.5cm

Longitud efectiva:

$l_{ef} = k \cdot 1$

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$l_{ef} = 1.5 * 2.50 = 3.75 \text{ m}$$

Efectos máximos:

$$\text{Carga axial de compresión} = 6000 \text{ kg}$$

Esfuerzos admisibles, módulo de elasticidad y Ck:

$$f_c = 80 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{min} = 55000 \text{ kg/cm}^2$$

$$C_k = 18.42$$

Seleccionar escuadría:

$$\text{Sección} = 12 * 22 \text{ cm}$$

$$b = 22 \text{ cm}$$

$$h = 12 \text{ cm}$$

$$A = 264 \text{ cm}^2$$

Cálculo de esbeltez:

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{b}$$

$$\lambda = 375 / 22 = 17.05$$

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$\lambda < C_k$$

Es una columna larga

Carga admisible:

Para columnas largas se aplica:

$$N_{adm} = 0.329 \frac{E_{min}}{\lambda^2} A$$

$$N_{adm} = 0.329 * (55000 * 264 / 17.05) = 16442 \text{ kg}$$

$$16442 \text{ kg} > 6000 \text{ kg}$$

La sección es adecuada.

Diseño de vigas

1) **Base de cálculo =**

a) Madera Grupo B

b) Cargas

$$\text{Peso propio (Sección de 9cm * 24 cm)} = 21.6 \text{ kg/m}$$

Peso muerto:

$$\text{Techo} = 78 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Piso} = 31 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Entramado} = 70 \text{ kg/m}^2$$

Sobrecargas:

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Techo = 100 kg/m²

Piso = 200 kg/m²

c) Viga simplemente apoyada:

Luz viga = 2.6 m

Luz techo = 3 m

Esp. Viguetas = 0.5 m

2) Efectos máximos

Cargas muertas:

Peso propio = 21.6 kg/m

Techo = $78\text{kg/m}^2 * 3\text{m} = 234$ kg/m

Piso = $31\text{ kg/m}^2 * 0.5\text{m} = 15.5$ kg/m

Entramado = 70 kg/m

Total cargas muertas (wd) = 341 kg/m

Sobrecargas:

Techo = 300 kg/m

Piso = 100 kg/m

Total sobrecarga (w1) = 400 kg/m

CARGA TOTAL (W) = wd + w1 = 741 kg/m

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Momento máximo:

$$M_{max} = \frac{WL^2}{8}$$

$$M_{max} = (741 * 2.62) / 8 = 626 \text{ kg-m}$$

Cortante máximo:

$$V_{max} = \frac{WL}{2}$$

$$V_{max} = (741 * 2.6) / 2 = 963.43 \text{ kg}$$

3) Esfuerzos admisibles y Módulos de elasticidad:

$$E_{min} = 75000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_m = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = 12 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 28 \text{ kg/cm}^2$$

4) Momento de Inercia:

$$I > \frac{SWL^3K}{384E}$$

$$W_{equivalente} = 1.8 w_d + w_1$$

$$W_{eq} = 1.8 * 341 + 400 = 1014 \text{ kg/m}$$

Para carga total k = 250

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$I = (5 \cdot 1014 \cdot 2603 \cdot 2509 / (384 \cdot 100 \cdot 7500)) = 7735 \text{ cm}^4$$

Para sobrecarga $k = 350$

$$I = (5 \cdot 400 \cdot 2603 \cdot 3509 / (384 \cdot 100 \cdot 7500)) = 4272 \text{ cm}^4$$

Innecesario (mayor de los dos) = 7735 cm⁴

5) Módulo de sección Z

$$Z > \frac{M}{f_m}$$

$$Z = (626 \cdot 100) / 150 = 417 \text{ cm}^3$$

6) Sección:

2 (9cm * 24cm)

$$Z_{\text{necesario}} = 417 < Z_{2(4 \cdot 24)} = 864 \text{ cm}^3$$

$$I_{\text{necesario}} = 7735 < I_{2(4 \cdot 24)} = 10368 \text{ cm}^4$$

7) Verificación del esfuerzo cortante. Corte en sección crítica

$$V_h = V_{\text{max}} - w h$$

$$b = 0.04 \text{ m} \quad 2 \text{ in}$$

$$h = 0.24 \text{ m} \quad 10 \text{ in}$$

$$V_h = 963.3 - 741 \cdot 0.24 = 786 \text{ kg}$$

Esfuerzo cortante =

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$\tau = \frac{1.5 Vh}{bh}$$

$$\tau (1.5 * 7.85) / (2 * 4 * 24) = 6.14 \text{ kg/cm}^2$$

$$6.14 < f_v = 12 \text{ kg/cm}^2$$

8) Verificación de la estabilidad lateral:

$$h/b = 10/2 = 5$$

Para $h/b = 5$ comentario según pag. 8 – 7 (tabal 8.6)

9) Longitud de a poyo:

$$a = \frac{R}{bf_c}$$

$$a = 963.3 / (82 * 4 * 28) = 43 \text{ cm}$$

Se dispone de 20 cm de apoyo.

La sección que se debe utilizar es: 4cm * 24cm

Bases de cálculo para vigas de carga

a) Madera grupo C

b) CARGAS:

$$\text{Peso propio (SECCIÓN DE } \phi 12 \text{ cm)} = 6.8 \text{ kg/m}$$

Peso muerto:

$$\text{Techo} = 78 \text{ kg/m}^2$$

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Piso = 31 kg/m²

Entramado = 70 kg/m²

Sobrecargas:

Techo = 100 kg/m²

Piso = 200 kg/m²

c) Viga simplemente apoyada:

Luz viga = 2.6 m

Luz techo = 2.8 m

Esp. Viguetas = 0.3 m

2) Efectos máximos

Cargas muertas:

Peso propio = 6.8 kg/m

Techo = $78\text{kg/m}^2 * 2.8\text{m} = 218.4$ kg/m

Piso = $31\text{ kg/m}^2 * 0.3\text{m} = 15.5$ kg/m

Entramado = 70 kg/m

Total cargas muertas (wd) = 305 kg/m

Sobrecargas:

Techo = $100\text{kg/m}^2 * 2.8\text{m} = 280$ kg/m

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$\text{Piso} = 200\text{kg/m}^2 * 0.3\text{m} = 100 \text{ kg/m}$$

$$\text{Total sobrecarga (w1)} = 340 \text{ kg/m}$$

$$\text{CARGA TOTAL} = w_d + w_1 = 645 \text{ kg/m}$$

Momento máximo:

$$M_{max} = \frac{wL^2}{8}$$

$$M_{max} = (645 * 2.60) / 8 = 545 \text{ kg-m}$$

Cortante máximo:

$$V_{max} = \frac{wL}{2}$$

$$V_{max} = (645 * 2.60) / 2 = 837.85 \text{ kg}$$

3) Esfuerzos admisibles y Módulos de elasticidad:

$$E_{min} = 75000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_m = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = 12 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = 28 \text{ kg/cm}^2$$

4) Momento de Inercia:

$$I > \frac{5wL^3K}{384E}$$

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$W \text{ equivalente} = 1.8 w_d + w_1$$

$$W_{eq} = 1.8 * 305 + 340 = 888 \text{ kg/m}$$

Para carga total $k = 250$

$$I = (5 * 888 * 2603 * 250) / (384 * 100 * 7500) = 6775 \text{ cm}^4$$

Para sobrecarga $k = 350$

$$I = (5 * 340 * 2603 * 350) / (384 * 100 * 7500) = 3631 \text{ cm}^4$$

$$\text{Innecesario (mayor de los dos)} = 6775 \text{ cm}^4$$

5) Módulo de sección Z

$$Z > \frac{M}{f_m}$$

$$Z = (545 * 100) / 150 = 363 \text{ cm}^3$$

6) Sección:

2 (9cm * 24cm)

$$Z_{necesario} = 363 \quad < Z_{2(4*24)} = 864 \text{ cm}^3$$

$$I_{necesario} = 6775 \quad < I_{2(4*24)} = 10368 \text{ cm}^3$$

7) Verificación del esfuerzo cortante. Corte en sección crítica

$$V_h = V_{max} - w h$$

$$b = 0.04 \text{ m} \quad 2 \text{ in}$$

$$h = 0.24 \text{ m} \quad 10 \text{ in}$$

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$V_h = 837.85 - 645 * 0.24 = 683 \text{ kg}$$

Esfuerzo cortante =

$$\tau = \frac{1.5 V_h}{bh}$$

$$\tau (1.5 * 6.83) / (2 * 4 * 24) = 5.34 \text{ kg/cm}^2$$

$$5.34 < f_v = 12 \text{ kg/cm}^2$$

8) Verificación de la estabilidad lateral:

$$h/b = 10/2 = 5$$

Para $h/b = 5$ comentario según pag. 8 – 7 (tabal 8.6)

9) Longitud de a poyo:

$$a = \frac{R}{bf_c}$$

$$a = 837.85 / (2*4*28) = 3.7 \text{ cm}$$

Se dispone de 20 cm de apoyo.

La sección que se debe utilizar es: 4cm * 24cm

5.5.2.3 Conclusión del diseño estructural de la guadua

Se realizara el análisis de la estructura de la vivienda en estudio, por medio de un programa para computador, Sap-2000 V.14.0, teniendo en cuenta cada uno

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

de los elementos que la componen, omitiendo el aporte del recubrimiento o revoque estando así del lado de la seguridad puesto que este aumenta la rapidez de la estructura.

• **Cargas**

Carga muerta. De las secciones 5.2, 5.3 y 5.4 tenemos:

- Muros segundo piso = $52.4\text{m (long. Muros)} * 262.80\text{kg/m} / 52010 \text{ m}^2 = 64.31\text{kg/m}^2$

- Entrepiso = 109.85 kg/m^2

- Total carga muerta cubierta: 27.47 kg/m^2

Carga viva. De las secciones 5.2 y 5.3 tenemos:

-Carga viva entrepiso = 180.00 kg/m^2

- Carga viva cubierta = 35.00 kg/m^2

Fuerza Sísmica. Muestra vivienda está localizada en una zona de riesgo sísmico medio, sobre un suelo de tipo S2. El cálculo de la fuerza sísmica se hizo por medio del método de la fuerza horizontal equivalente: zona de riesgo sísmico alto: $A_a 0.25$

Suelo S2, $S = 1.2$

Estructura uso tipo I, $I = 1.0$

Periodo fundamental de la estructura. $T = ct*hn^{(3/4)}$. De boletín informativo No 56 de la A.I.S.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

$$C_t = 0.25. \text{ Entonces } T = 0.25 \cdot 6^{(3/4)} = 0.958 \text{ s}$$

$$T_o = 0.3 \text{ s}$$

$$T_c = 0.48 \cdot S = 0.72 \text{ s}$$

$$T_L = 2.4 \cdot S = 3.6 \text{ s}$$

De donde $T_c < T < T_L$

$$S_a = 1.2 \cdot A_a \cdot S^I / T = 0.47$$

$$\text{Area placa entrepiso} = 52 \text{ m}^2$$

$$\text{Area de cubierta} = 60 \text{ m}^2$$

$$\text{Masa de la estructura} = 2199.62$$

$$\text{Cortante} = \text{Masa} \cdot g \cdot S_a = 10131.47 \text{ kg}$$

$$K = 0.75 + 0.5T = 1229. \text{ Debido a que } 0.5 < T < 2.5$$

En la siguiente tabla se dan los resultados obtenidos para los niveles de la estructura

Nivel	H(m)	Masa	Mh ^ k	Mh ^ k / Σ	Fx(kg)
Cubierta	5.0	214.29	366.45	0.115	1165.12
Piso 1	2.5	1985.34	28247.44	0.885	8966.35

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Σ		2199.65	31909.89	1.000	10131.47
----------	--	---------	----------	-------	----------

Tabla 5.8 Resultados fuerza horizontal equivalente

La totalidad de las fuerzas se aplicaron en el sentido transversal y un 30% en el longitudinal.

Resultados de los análisis. En la tabla 5.9, se encuentran las fuerzas en los elementos enumerados en las figuras 5.16, 5.17, 5.18, 5.19, 5.20, 5.21, 5.22 y 5.23.

Tabla 5.9. Elemento comp. (Kg) Tensión (kg) Elemento comp. (Kg) Tensión (kg)

Elemento	Comp. (kg)	Tensión(kg)	Elemento	Comp.(kg)	Ten (kg)
1	884	1014	2	212	59
3	588	147	4	557	127
5	84	59	6	62	35
7	510	44	8	503	44
9	80	21	10	73	21
11	607	275	12	122	10
13	515	76	14	122	10
15	72	35	16	65	35

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

17	526	185	18	464	128
19	74	11	20	59	8
21	632	233	22	64	11
23	629	192	24	597	180
25	95	57	26	83	49
27	631	225	28	92	20
29	691	278	30	261	213
31	105	72	32	85	51
33	735	689	34	285	43
35	529	173	36	493	163
37	74	43	38	60	32
39	499	0	40	491	0
41	63	13	42	55	13
43	510	50	44	505	50
45	70	11	46	65	11
47	594	228	48	95	0
49	508	49	50	502	49
51	69	11	52	64	11
53	509	0	54	501	0

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

55	75	9	56	67	9
57	638	207	58	546	164
59	78	50	60	43	5
61	809	850	62	196	19
63	315	153	64	297	144
65	297	144	66	136	446
67	736	446	68	781	473
69	314	166	70	294	155
71	790	855	72	846	915

Elemento	Comp. (kg)	Tensión(kg)	Elemento	Comp.(kg)	Ten (kg)
73	222	84	74	201	76
75	201	76	76	201	76
77	694	792	78	629	792
79	694	792	80	694	873
81	207	370	82	196	321
83	196	321	84	83	153
85	83	153	86	88	162

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

87	39	128	88	36	120
89	153	258	90	164	276
91	39	98	92	35	89
93	35	89	94	35	89
95	211	300	96	211	300
97	211	300	98	233	332
99	1028	568	100	258	17
101	1005	503	102	990	784
103	99	20	104	97	46
105	991	0	106	984	0
107	141	6	108	134	6
109	1091	114	110	128	0
111	858	50	112	851	50
113	47	39	114	57	50
115	55	30	116	92	50
117	289	0	118	257	0
119	2036	0	120	0	199
121	1880	356	122	31	109
123	1556	0	124	0	457

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

125	277	31	126	221	46
127	597	0	128	591	0
129	98	0	130	92	0
131	2019	0	132	102	0
133	1787	231	134	178	0
135	670	118	136	664	118
137	226	55	138	220	55
139	993	439	140	673	67
141	0	167	142	84	17
143	687	100	144	429	0
145	225	0	146	212	0
147	212	0	148	1722	577
149	1722	577	150	1872	613

Elemento	Comp. (kg)	Tensión(kg)	Elemento	Comp.(kg)	Ten (kg)
151	2129	0	152	1591	0

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

153	1591	0	154	825	981
155	825	988	156	1104	1321
157	0	386	158	0	363
159	0	364	160	370	38
161	370	38	162	393	40
163	238	0	164	178	0
165	178	0	166	0	677
167	0	677	168	0	907
169	567	429	170	136	47
171	568	0	172	517	0
173	63	24	174	46	8
175	507	0	176	500	0
177	79	0	178	72	0
179	539	0	180	120	52
181	588	0	182	481	0
183	61	0	184	55	8
185	487	0	186	450	0
187	70	10	188	59	4
189	643	249	190	261	4

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

191	682	0	192	618	0
193	98	17	194	629	0
195	630	0	196	98	22
197	667	0	198	269	0
199	99	18	200	87	19
201	709	298	202	266	19
203	560	0	204	456	0
205	72	13	206	48	0
207	486	0	208	478	0
209	64	0	210	56	0
211	503	0	212	63	0
213	69	0	214	498	0
215	546	0	216	105	43
217	502	0	218	61	0
219	67	0	220	61	0
221	529	37	222	521	37
223	73	0	224	541	0
225	526	0	226	162	0
227	60	36	228	44	7

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Elemento	Comp. (kg)	Tensión(kg)	Elemento	Comp.(kg)	Ten (kg)
229	793	693	230	162	130
231	608	573	232	573	540
233	573	540	234	255	0
235	255	0	236	270	0
237	745	443	238	705	414
239	370	48	240	396	52
241	797	540	242	722	489
243	722	489	244	722	489
245	86	96	246	86	96
247	86	96	248	95	106
249	159	415	250	149	391
251	149	391	252	22	61
253	22	61	254	23	65
255	140	249	256	130	233
257	130	149	258	59	160
259	135	194	260	122	176

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

261	122	176	262	122	176
263	96	324	264	96	324
265	960	324	266	106	358
267	65	0	268	161	81
269	57	7	270	63	32
271	116	70	272	108	81
273	34	13	274	27	24
275	150	37	276	43	21
277	156	60	278	206	47
279	101	56	280	286	19
281	182	45	282	16	11
283	280	51	284	23	13
285	148	7	286	77	0
287	39	0	288	33	4
289	1236	1190	290	1125	1084
291	1125	1048	292	1123	1027
293	1051	837	294	1280	1027
295	1396	1096	296	186	166
297	169	151	298	169	151

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

299	197	0	300	184	101
301	309	95	302	330	101
303	213	64	304	151	46
305	59	23	306	74	25

Elemento	Comp. (kg)	Tensión(kg)	Elemento	Comp.(kg)	Ten (kg)
307	82	39	308	74	46
309	26	02	310	17	19
311	12	5	312	6	14
313	9	14	314	3	23
315	20	28	316	15	39
317	23	0	318	19	6
319	393	0	320	102	0
321	738	98	322	79	6
323	126	47	324	124	47
325	59	12	326	55	12
327	17	21	328	11	30
329	18	15	330	11	24

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

331	79	56	332	70	57
333	23	19	334	15	26
335	209	62	336	151	49
337	55	0	338	75	26
339	1696	1487	340	1517	1330
341	1517	1330	342	1517	1330
343	1517	1330	344	1517	1330
345	1517	1330	346	1517	1330
347	1517	1330	348	1517	1330
349	198	191	350	117	171
351	177	171	352	117	171
353	177	171	354	202	193
355	205	193	356	202	193
357	202	193	358	266	216
359	1921	1693	360	1701	1514
361	1710	1514	362	1701	1514
363	1710	154	364	231	78
365	166	59	366	59	24
367	82	31	368	93	51

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

369	85	57	370	29	15
371	21	22	372	23	14
373	16	23	374	17	21
375	10	30	376	42	45
377	38	55	378	25	3
379	20	10	380	333	0
381	33	48	382	812	29
383	51	0	384	121	29

Elemento	Comp. (kg)	Tensión(kg)	Elemento	Comp.(kg)	Ten (kg)
385	116	29	386	57	12
387	63	12	388	10	12
389	4	21	390	14	10
391	8	18	392	86	57
393	77	64	394	25	20
395	16	26	396	231	80
397	165	60	398	60	0
399	79	31	400	1726	1256

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

401	1726	1526	402	1726	1526
403	1726	1526	404	1930	1706
405	260	242	406	232	217
407	232	217	408	232	217
409	232	217	410	217	197
411	217	197	412	217	197
413	217	197	414	243	200
415	96	15	416	154	73
417	58	9	418	70	33
419	100	73	420	93	84
421	30	20	422	23	31
423	161	83	424	47	13
425	239	0	426	152	25
427	102	0	428	76	11
429	367	64	430	22	33
431	216	73	432	18	6
433	99	25	434	119	7
435	61	0	436	43	18
437	1397	1390	438	1272	1248

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

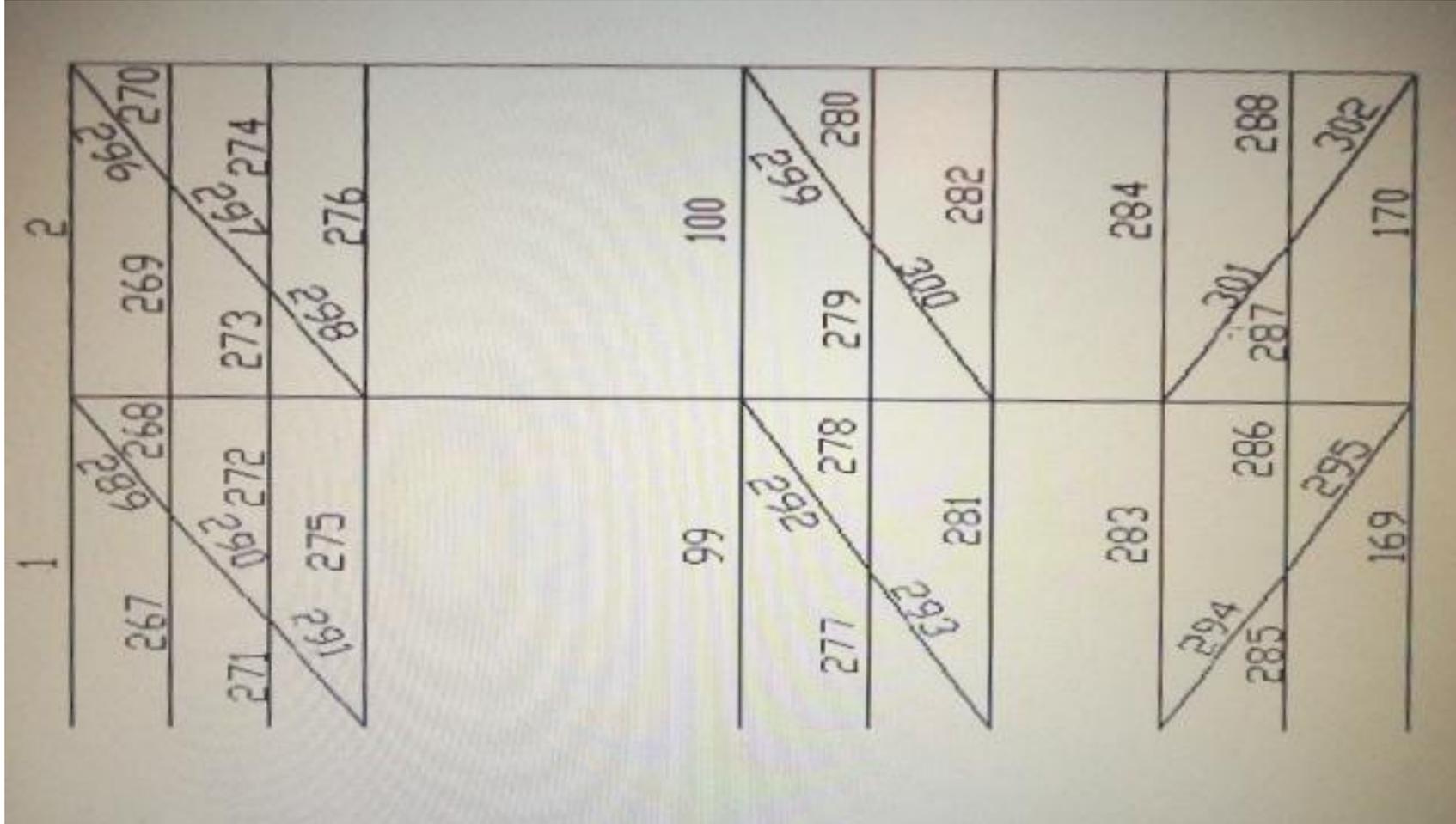
439	1278	1230	440	1590	1315
441	1487	1230	442	1187	909
443	1269	972	444	198	219
445	153	200	446	153	200
447	428	118	448	428	111
449	218	83	450	233	89

ELEMENTOS VERTICALES Eje3

21	22
303	305
307	309
311	313
315	317
319	320
119	120
321	322
323	325
327	329
331	333
335	337
189	190

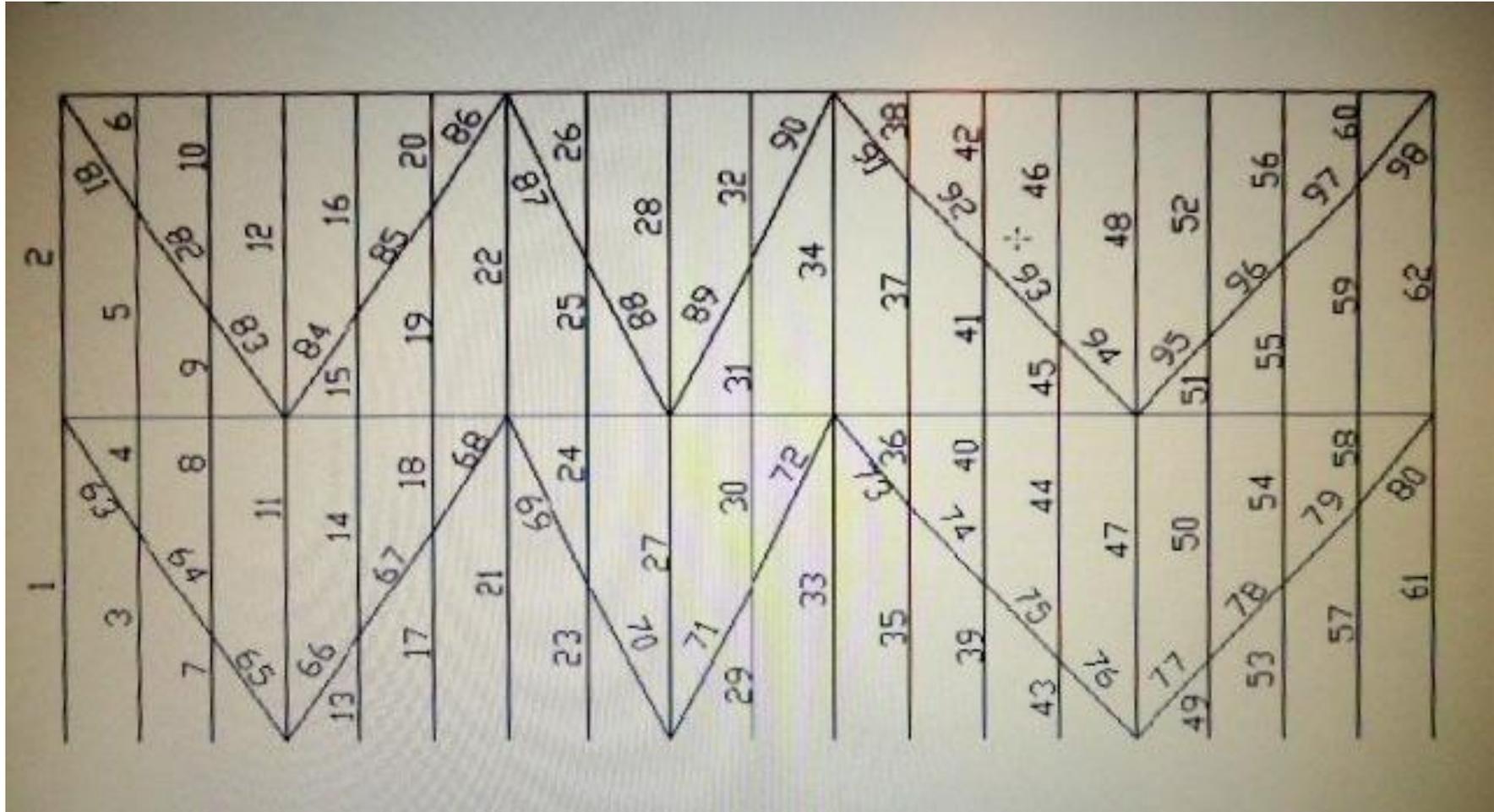
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ELEMENTOS VERTICALES EJE 1



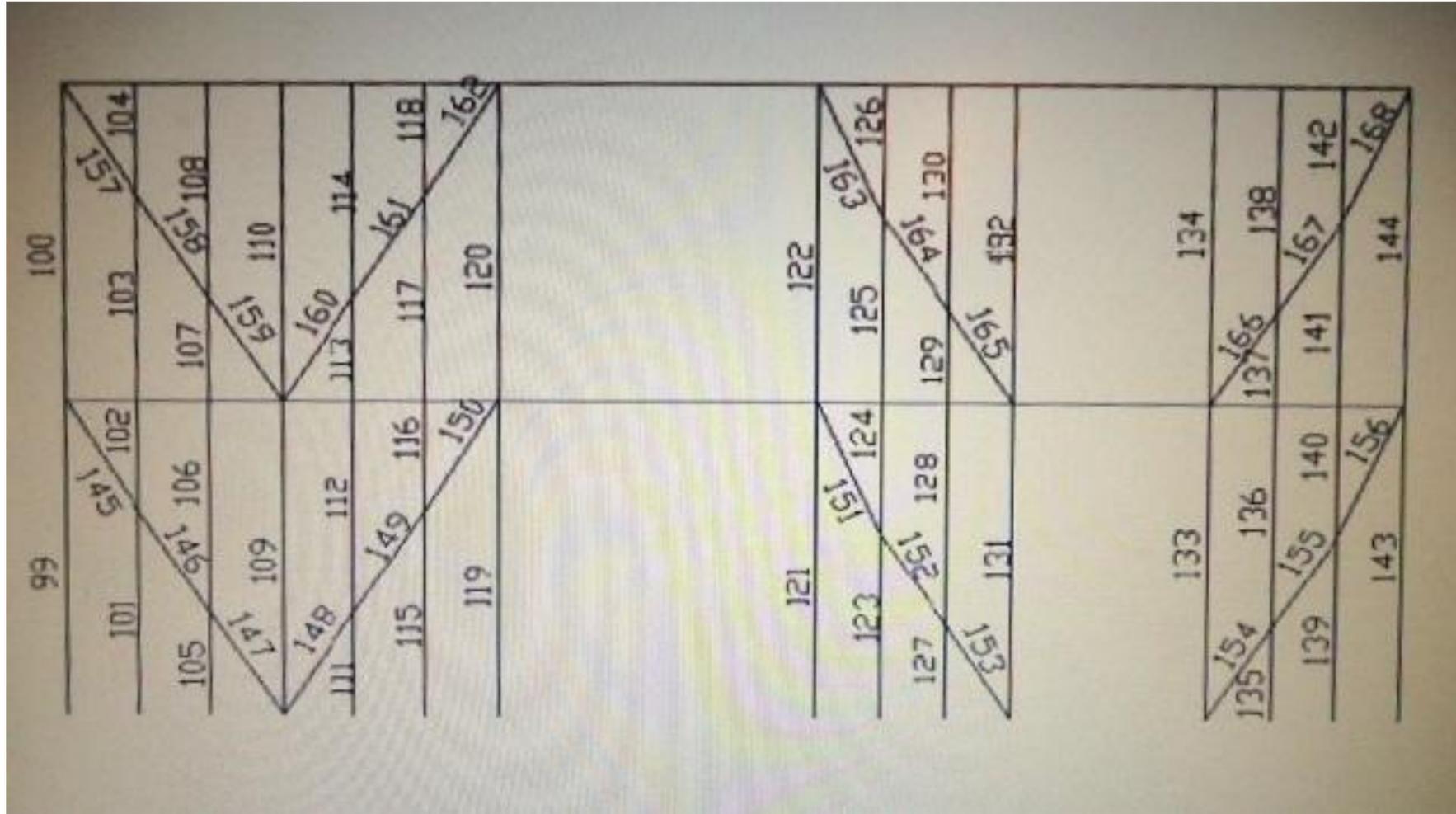
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ELEMENTOS VERTICALES EJE A



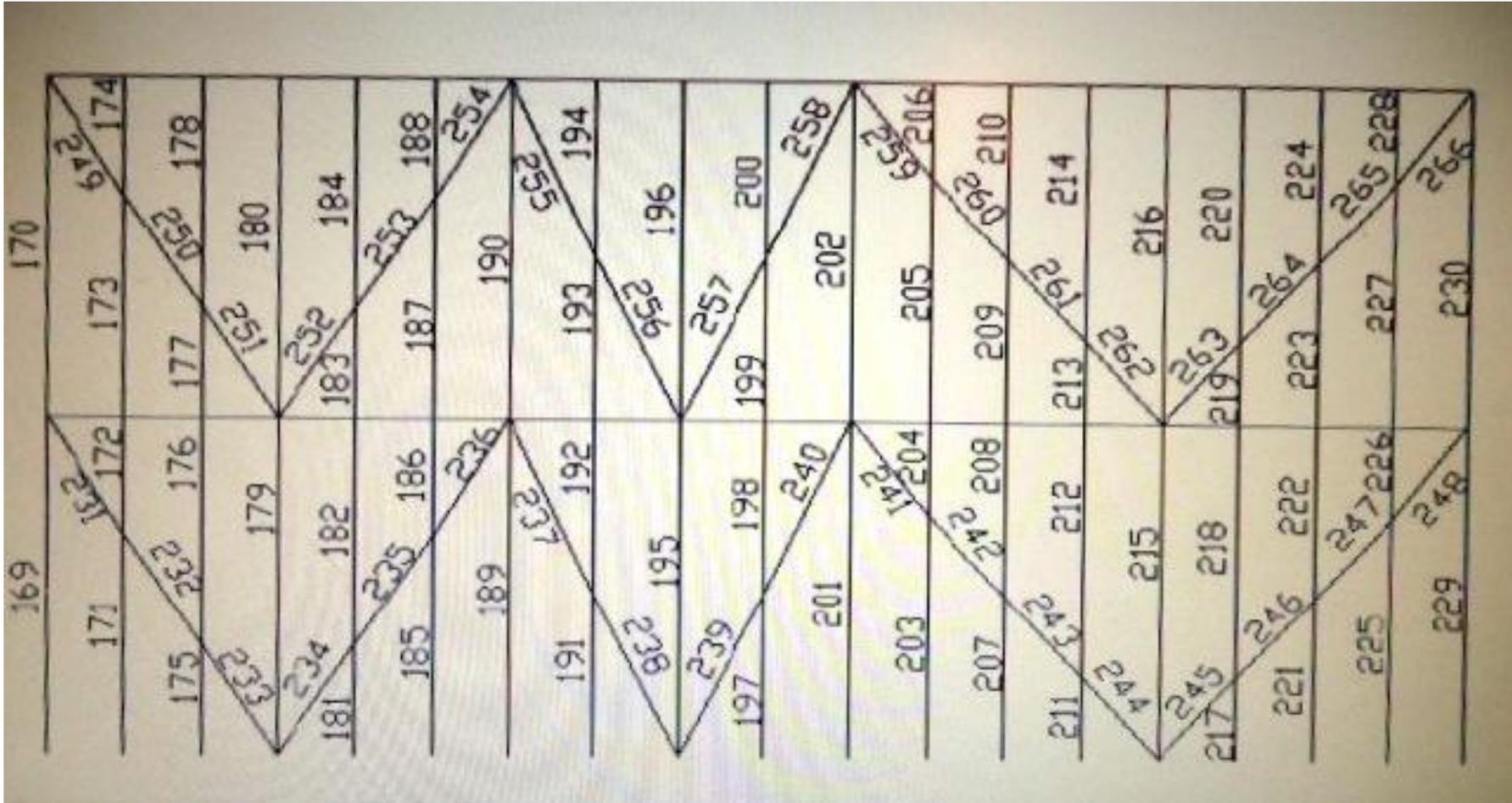
PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ELEMENTOS VERTICALES EJE B



PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ELEMENTOS VERTICALES EJE C



PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Para el análisis se tuvo en cuenta que la unión entre los diferentes elementos verticales presenta articulaciones sin restricción a momento flector en los dos sentidos principales horizontales de la edificación (X-Y).

Las combinaciones de carga empleadas en el análisis, fueron según B.2.3.1 de NSR-98 las siguientes:

1.0D

1.0D + 1.0L

1.0D + 0.7E

1.0D + 1.0L + 0.7E

Chequeo de elementos

Chequeo deriva. Del análisis obtenemos que la deriva máxima relativa a nivel de diafragma en el sentido x (longitudinal) es de 0.50cm y en el sentido y (transversal) de 1.23cm, para una deriva total de 1.33cm, la cual representa el 0.55% de la altura de piso.

De igual forma la deriva máxima relativa e nivel de cubierta en el sentido x (longitudinal) es de 0.35cm y en el sentido y (trasversal) de 0.60cm, para una deriva total de 0.70cm, la cual representa el 0.30% de la altura del piso.

Chaqueo de tensiones. De la tabla 5.9 se puede notar que la mayor fuerza de compresión se presenta en elemento 151 con un valor de

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

212kg, analizando una guadua con un diámetro de 12cm, espesor de pared de 2cm; con una sección transversal bruta equivalente a:

$$p \cdot (6^2 - 4^2) = 62.83 \text{ cm}^2; \text{ entonces tenemos: } sc = 2192.16\text{kg} / 62.83\text{cm}^2 =$$

$$34.89 \text{ kg/cm}^2$$

$$3.49\text{Mpa} < 47.30 / (f.s.=5) = 9.46 \text{ Mpa}$$

De igual forma para la fuerza de tracción encontrada en el elemento 590 con un valor de 1706kg; teniendo en cuenta las mismas propiedades del elemento se tiene: $st = 1706\text{kg} / 62.83\text{cm}^2 = 27.15\text{kg/cm}^2$ $2.72\text{Mpa} < 200 / (F.s = 5) = 40\text{Mpa}$

Las tensiones a flexión no son chequeadas ya que estas son mínimas para los elementos debido a su sistema de conexión.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

5.6 DETERMINACION DE COSTOS BASADOS EN EL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN GUADUA PROPUESTO, BAJO EL CONTEXTO LOCAL.

5.6.1 Presupuesto de construcción para vivienda tipo de dos plantas, sistema constructivo en guadua

Ítem	Actividad	U.	Cant.	V / Unitario	V/total actividad
1	Preliminares				
1.1	Descapote manual e:10cm	m2	35.5	1.22	43,31
1.2	Replanteo simple	m2	35.5	0.47	16,685
2	Cimentación				
2.1	Exca. Manual material común e:25cm	m3	8.875	5.23	46,41625
2.2	Retiro material de excavación	m3	57.68	5.27	303,9736
2.3	Relleno recebo común compac. e: 30cm	m3	10.65	11.28	120,132
2.4	Concreto zapata	m3	5.1	185.45	945,795
2.5	Hierro de refuerzo zapata	kg	119	1.55	184,45
2.51	Alambre para amarre	kg	8.5	1.30	11,05

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

2.6	Placa concreto sobre piso e:10cm	m2	35.5	14.13	501,615
2.7	Malla electrosoldada sobre piso	m2	35.5	8.87	314,885
2.8	Concreto viga de cimentación	m3	4.0	185.47	741,88
2.9	Hierro de refuerzo de viga de cimentación	kg	290	1.55	449,5
3	Estructura				
3.1	Concreto columna pedestal	ml	32	9.09	290,88
3.2	Viga área en guadua	ml	43	10.69	459,67
3.3	Concreto soporte tanque elevado	un	1	58.95	58,95
3.4	Concreto escaleras	m3	2.5	185.45	463,625
3.5	Refuerzo de guadua	ml	32	2.82	90,24
4	Mampostería				
4.1	Estructura en paneles de guadua (2.5x1)e:12cm	m2	124.04	27.72	3438,3888
4.2	Mesón en concreto	un	1	72.52	72,52
5	Cubierta				
5.1	Entramada en cercha guadua	ml	43	9.03	388,29
5.2	Cubierta en teja de A.C y accesorios	m2	44.93	12.47	560,2771

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

5.3	Caballetes	ml	6.14	12.58	77,2412
6	Instalaciones Hidráulicas				
6.1	Punto hidráulico “muro” con accesorios	pto	5	13.14	65,7
6.2	Lavadero prefabricado	un	1	67.92	67,92
6.3	Tanque de reserva de agua y accesorios	un	1	75.96	75,96
6.4	Lavaplatos con grifería	un	1	42.14	42,14
7	Instalaciones Sanitarias				
7.1	Punto sanitario de 2” y accesorios	pto	2	25.48	50,96
7.2	Punto sanitario de 3” y accesorios	pto	3	40.84	122,52
7.3	Punto sanitario de 4” y accesorios	pto	2	8.18	16,36
7.4	Caja de inspección de y tapa 60cm*60cm*50cm	un	1	53.71	53,71
7.5	Sanitario acuacer, y accesorios	un	2	128.40	256,8
7.6	Lavamanos cerámica y accesorios	un	2	55.88	111,76
7.7	Juegos de incrustaciones	un	2	27.28	54,56
8	Instalaciones eléctricas				

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

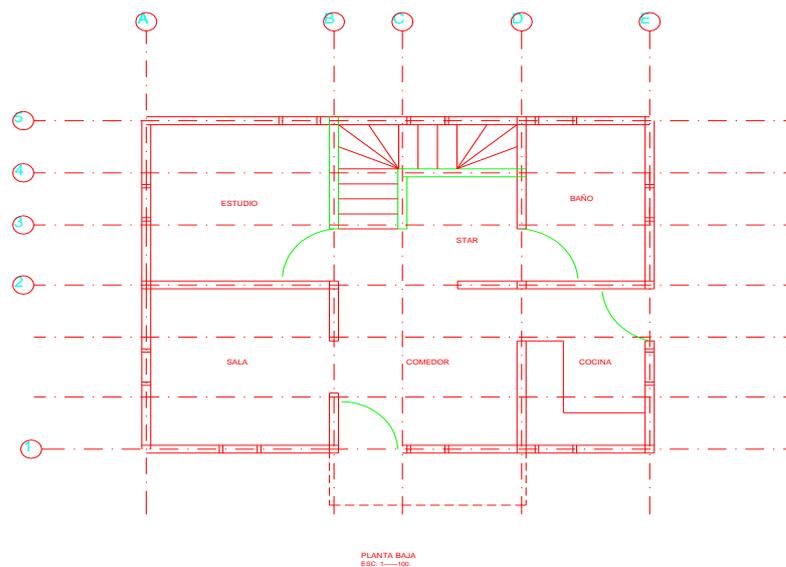
8.1	Acometida parcial y accesorios	ml	42	12.41	521,22
8.2	Puntos eléctricos y accesorios	pto	21	20.31	426,51
9	Carpintería				
9.1	Puerta y marcos metálicos "0.8*2" incluye cerradura	un	9	118.47	1066,23
9.2	Ventana metálica "0.8*1"	un	7	43.42	303,94
	TOTAL				12816,064

Una vivienda tipo de dos plantas en guadua de 83.63M2, tiene un costo de \$12816,064

5.7 MODELO DE VIVIENDA TIPO DE DOS PLANTAS, EN SISTEMA CONSTRUCTIVO BASADO EN MUROS CONFINADOS

5.7.1 Descripción

Se diseñara una vivienda unifamiliar de dos pisos con una altura entre pisos de 2.40m, una área total construida de 35.5008m², sobre un lote de 46.02m² (5.16*8.92m); se analizarán uno a uno los puntos relacionados, también se realizará un análisis estructural de la vivienda en conjunto, para evaluar su comportamiento ante las diferentes cargas: Gravitacionales y Sísmicas y hallar las tensiones en los diferentes elementos que la componen.



I

magen 5.38 Planta primer piso

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Se debe tener en cuenta que el buen comportamiento de una estructura depende de su geometría, es decir, las viviendas deben presentar una forma simple y regular sin asimetrías exageradas, las cuales conllevan a concentraciones de fueras no deseadas en algunos sectores debido a movimientos de torsión por su falta de regularidad. Además los elementos los elementos que la componen deben presentar una buena continuidad con rigideces y dimensiones constantes, evitando al máximo cambios bruscos en ellas.

Otro aspecto importante es la utilización de materiales para garantizar una buena resistencia de estos ante solicitaciones, en especial de tipo sísmico.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

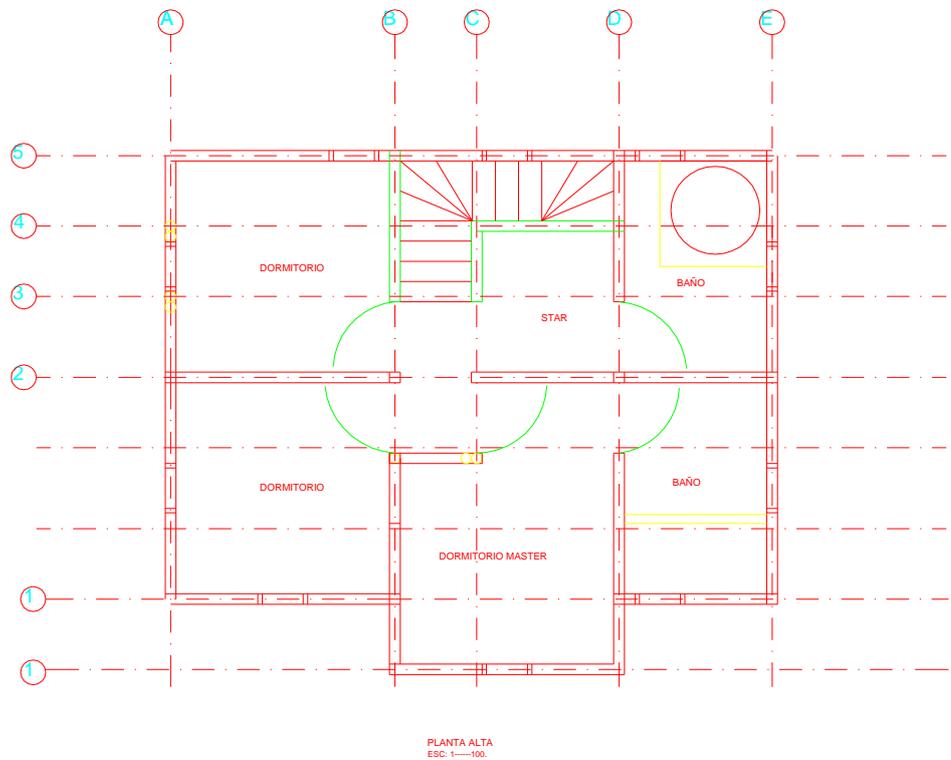


Imagen 5.39 Planta de segundo piso

5.7.2 Presupuesto de construcción para viviendas unifamiliares de dos plantas, sistema de construcción muros confinados

Ítem	Actividad	U.	Cant.	V / Unitario	V/total actividad	
1	Preliminares					
1.1	Descapote	manual	m2	35.5	1.22	43,31

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

	e:10cm				
1.2	Localización y replanteo	m2	35.5	1.34	47.57
2	Cimentación				
2.1	Exca. Manual material común e:25cm	m3	8.875	6.01	53.34
2.2	Retiro material de excavación	m3	57.68	5.32	306.86
2.3	Relleno recebo común compac. e: 30cm	m3	10.65	15.60	166.14
2.4	Concreto zapata	m3	5.1	185.09	9439.59
2.5	Hierro de refuerzo zapata	kg	119	1.54	183.26
2.5.1	Alambre para amarre	kg	8.5	1.30	11,05
2.6	Placa concreto sobre piso e:10cm	m2	7.1	25.34	1799.14
2.7	Malla electrosoldada sobre piso	m2	35.5	8.85	314,175
2.8	Concreto viga de cimentación	ml	44.83	9.07	406.61
2.9	Hierro de refuerzo de viga de cimentación	kg	290	1.52	440.8

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Estructura						
3						
3.1	Concreto columna de confinamiento	ml	74.8	9.07	678.44	
3.2	Viga área de concreto	ml	98.66	9.07	894.85	
3.3	Concreto soporte tanque elevado	un	1	58.84	58,84	
3.4	Concreto escaleras	m3	2.5	185.09	462.73	
3.5	Refuerzo hierro de ¼" y 3/8"	kg	235	1.52	357.2	
Mampostería						
4						
4.1	Mampostería con bloque E: 12cm	m2	124.04	13.77	1708.03	
4.2	Mesón en concreto	un	1	72.38	72.38	
Cubierta						
5						
5.1	Entramada en cercha metálica	ml	26.7	10.30	275.01	
5.2	Cubierta en teja de A.C y accesorios	m2	44.93	12.44	558,93	
5.3	Caballetes	ml	6.14	12.56	77,12	

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

6 Instalaciones Hidráulicas						
6.1	Punto hidráulico "muro" con accesorios	pto	5	11.77	58.85	
6.2	Lavadero prefabricado	un	1	75.67	75.67	
6.3	Tanque de reserva de agua y accesorios	un	1	175.81	175.81	
6.4	Lavaplatos con grifería	un	1	42.06	42.06	
7 Instalaciones Sanitarias						
7.1	Punto sanitario de 2" y accesorios	pto	2	25.43	50.86	
7.2	Punto sanitario de 3" y accesorios	pto	3	40.76	122.28	
7.3	Punto sanitario de 4" y accesorios	pto	2	7.88	15.76	
7.4	Caja de inspección de y tapa 60cm*60m*50cm	un	1	53.49	53.49	
7.5	Sanitario acuacer	un	2	128.15	256.3	
7.6	Lavamanos cerámica y accesorios	un	2	55.77	111,54	
7.7	Juegos de incrustaciones	un	2	27.22	54,44	

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

8	Instalaciones eléctricas					
8.1	Acometida parcial y ml accesorios	42	12.39	520.38		
8.2	Puntos eléctricos y pto accesorios	21	20.27	425.67		
9	Carpintería					
9.1	Puerta y marcos metálicos "0.80*2" incluye cerradura	un	9	125.22	1126.98	
9.2	Ventana metálica "0.80*1"	un	7	43.33	303,31	
	TOTAL				21748,7551	

Una vivienda tipo de dos plantas en guadua de 83.63M2, tiene un costo de \$21748,755

5.8 COMPARACIÓN DE COSTOS Y TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN, LA ALTERNATIVA DE VIVIENDA EN GUADUA, VERSUS OTROS SISTEMAS DE CONSTRUCCIÓN CONVENCIONALES “MUROS CONFINADOS”

5.8.1 De acuerdo con los análisis estructurales y presupuestales:

De los dos sistemas constructivos mencionados en la investigación “sistema paneles en guadua”, “sistema muros confinados”. Hemos llegado a la conclusión que es viable técnica y económicamente, implementar el sistema constructivo de “paneles en guadua”. Cabe resaltar que este estudio es para un sitio con las características de Santo Domingo de los Tsáchilas. Es viable en otros climas y terrenos con las modificaciones en el tratamiento a la caña y a la cimentación pertinentes.

De acuerdo al estudio realizado se puede determinar que el costo del sistema en guadua es aproximadamente un 30% a 35% más barato que en el sistema tradicional.

5.8.2 Ventajas y desventajas del uso del bambú en la construcción

5.8.2.1 Las ventajas:

- El bambú guadua está dotado de extraordinarias características físicas que permiten su empleo en todo tipo de miembros estructurales.
- Su forma circular y su sección hueca lo hacen un material liviano, fácil de transportar y de almacenar, lo que permite la construcción rápida de estructuras temporales o permanentes.
- En cada uno de los nudos del bambú hay un tabique o pared transversal que además de hacerlo más rígido y elástico evita su ruptura al curvarse; por esta característica es un material apropiado para construcciones anti-sísmicas.
- La constitución de las fibras de las paredes del bambú permite que pueda ser cortado transversal o longitudinalmente en piezas de cualquier longitud, empleando herramientas manuales sencillas como el machete.
- La superficie natural del bambú es lisa, limpia, de color atractivo y no requiere ser pintada, raspada o pulida.
- Los bambúes no tienen corteza o partes que puedan considerarse como desperdicio

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- 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.
- El bambú puede emplearse en combinación con todo tipo de materiales de construcción como elementos de refuerzo.
- Del bambú pueden obtenerse diversos materiales para enchapes tales como esteras, paneles contrachapados, etc.
- El bambú continúa siendo el material de construcción de más bajo precio.

5.8.2.2 Las desventajas:

- El bambú en contacto permanente con la humedad del suelo presenta pudrición y aumenta el ataque de termitas y otros insectos; por ello no deben utilizarse como cimiento por enterramiento a menos que se trate previamente.
- El bambú una vez cortado es atacado por insectos como *Dinoderus minutus* que construye grandes galerías en su pared debilitándolo. Por ello, una vez cortado debe someterse inmediatamente a tratamientos de curado y secado.
- El bambú es un material altamente combustible cuando está seco; por ello debe recubrirse con una sustancia o material a prueba de fuego.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- El bambú cuando envejece pierde su resistencia si no se trata apropiadamente.
- El bambú no tiene diámetro igual en toda su longitud, tampoco es constante el espesor de la pared por lo que algunas veces presentan dificultades en la construcción.
- El bambú al secarse se contrae y se reduce su diámetro; esto tiene implicaciones en la construcción.
- Las uniones de miembros estructurales no pueden hacerse a base de empalmes, como en la madera, lo que implica dificultades como material de construcción.
- El bambú por su tendencia a rajarse no debe clavarse con puntillas o clavos que generalmente se emplean en la madera.

Muchas de las desventajas anotadas anteriormente pueden ser superadas con la aplicación de persegantes apropiados, con un diseño estructural apropiado y siguiendo las normas apropiadas para la preparación y combinación con otros materiales de construcción.

CAPITULO VI

5.2.4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Después de conocer las políticas existentes por parte del estado ecuatoriano y del sector privado, de estudiar la experiencia de nuestro país vecino en su iniciativa denominada “La cadena de la guadua en Colombia”, de estudiar los nuevos adelantos e investigaciones relacionadas con nuevas técnicas de cultivo de la guadua, sistemas de producción, consumo y comercialización de productos y servicios relacionados con la guadua tanto en Ecuador como en Colombia. Teniendo una visión mas profunda de la problemática en estudio, que nos permite tener claridad acerca de la realidad actual y proyección de futuro de la construcción y la arquitectura de la guadua en Ecuador, podemos afirmar lo siguiente:

- La construcción y la arquitectura de la guadua en Colombia se encuentra en un proceso de crecimiento muy importante, no obstante hay que anotar que dicho crecimiento se esta produciendo de una

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

manera un poco desorganizada. Esta etapa de crecimiento se debe en gran medida a lo sucedido después del terremoto registrado en Armenia en el año 1999 y además a la repercusión que ha tenido la obra de Simón Vélez, en los últimos años en Colombia. Esa realidad aún se encuentra a años luz de la del Ecuador, en donde no existe mayor investigación sobre el tema y las pocas construcciones con guadua son realizadas por personas pertenecientes a los sectores de mayores recursos económicos del país, contratando ingenieros y arquitectos colombianos.

- Todos los aspectos que hemos tratado anteriormente en la presente investigación, en relación con producción y comercialización de la “guadua angustifolia” para el Ecuador, deberán contar con un amplio respaldo académico de universidades e institutos de investigación, para que finalmente exista una verdadera “Cultura de la Guadua en Ecuador.”
- En todo el proceso de investigación de la tesis hemos tenido la oportunidad de conocer de primera mano, investigaciones acerca de procesos silviculturales de la guadua, dichos estudios tienen como objetivo obtener el mejor aprovechamiento de los cultivos de guadua en nuestro país. Una vez más, cabe resaltar que dichas

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

investigaciones tienen su origen en las que se realizaron hace muchos años en Colombia.

- Con respecto a este punto, como se vio en la investigación, el Ecuador cuenta con una guadua mejor calidad que la colombiana. Al comparar los resultados obtenidos en laboratorio, vemos que los límites de resistencias son similares a los obtenidos por nuestros vecinos, con la diferencia de que, las probetas usadas, al no existir el proceso de secado y curado de la guadua en el país, se las obtuvo de guadua prácticamente joven y verde, lo que significa que al industrializarla, mejoraremos sus niveles de resistencia.
- Respecto al “Futuro de la construcción de guadua en el Ecuador”, además de todo lo expresado anteriormente, es necesario anotar, que el Ecuador tiene en “la guadua” un recurso natural excepcional, conociendo la situación actual que atraviesa el planeta desde el punto de vista ambiental. Este recurso desde ya se vislumbra como un potencial extraordinario, desde el punto de vista de sostenibilidad en arquitectura y económico.
- Los técnicos debemos ser conscientes de la importancia de iniciar – desde ya— el camino que nos conduzca hacia la “Sistematización e industrialización de los sistemas constructivos en guadua en el

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Ecuador”. Trabajo que debe de involucrar a todas las instituciones académicas y de investigación del país, para trazar las políticas y estrategias, que nos permitan desarrollar toda iniciativa encaminada a lograr esta meta estratégica.

- Con respecto a la construcción con guadua, se ha planteado una vivienda tipo de dos plantas, que emplea una forma modular a fin de poder expandirse o contraerse dependiendo de las necesidades del usuario.
- Es conocido que el Ecuador es un país muy tradicionalista en lo que refiere a los sistemas constructivos, materiales, etc. Hoy en día, después de la experiencia de los terremotos de Haití y Chile en el 2010, los ojos de la sociedad ecuatoriana se han vuelto a sus códigos y normas de construcción, sin embargo no desea probar nuevos métodos o sistemas. Partiendo de esto, resulta muy difícil el introducir la cultura de la guadua en el Ecuador.
- Del punto anterior se concluye que aun no tenemos la normativa para comenzar a construir de manera masiva con este maravilloso material.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- Con respecto a nuestro diseño, se emplearon las normas colombianas, toda vez que estas se han probado y son las más avanzadas sobre este tema.
- Los límites del material son un promedio entre los resultados obtenidos en las pocas tesis desarrolladas en el país y los de la norma colombiana, todo esto porque las tesis usaron diferentes tipos de guaduas entre si, de varios lugares y aunque no difieren mayormente entre ellas no se vio conveniente el tomar uno solo como base.
- En la investigación, se observó mucho la obra de Simón Vélez, que para nosotros representa el padre de este tema siendo el quien comenzó con esto en Colombia, lo llevó a Alemania y ha desarrollado un sin número de técnicas para la construcción con este materia. Su obra ha servido para que la guadua, a pesar de ser un material con una larga tradición en nuestra historia, sea considerado actualmente como un material “moderno y contemporáneo”, la siguiente fase es la de lograr catalogarlo como uno más dentro de la industria de la construcción en el Ecuador. En Colombia se emplea para la construcción de todo tipo de edificaciones, desde proyectos habitacionales hasta edificaciones de carácter institucional, corporativo y religioso.

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- Dos factores son fundamentales y una constante en la propuesta de Vélez, el primero se refiere a la claridad conceptual que tiene como arquitecto, desde el punto de vista espacial y estructural, que se refleja en cada una de sus obras. El segundo factor se refiere a su buen oficio de constructor, apoyado en este alcanza un dominio completo de todo lo que tiene que ver con el complejo proceso constructivo de sus edificios. Dando solución a aspectos generales, hasta los relacionados con los detalles constructivos más complejos. En particular al proceso de diseño y perfeccionamiento de las “uniones mecánicas” del sistema constructivo.
- Simón Vélez ha sido un arquitecto lo suficientemente “sensible” para saber utilizar y valorar “la guadua” como material. A través del método que viene empleando desde hace muchos años de “ensayo y error”, ha sabido realizar cambios de tipo técnico y constructivo que le permiten seguir evolucionando.
- En relación con la línea ingeniería es necesario resaltar la importancia de la guadua en la obra de Simón Vélez, como un factor fundamental en el resultado de su producción arquitectónica, sobre todo en lo que se refiere a su etapa actual, donde su obra gira en torno a las cubiertas. Tenemos que decir que las grandes estructuras —que hemos analizado— difícilmente se podrían construir con un material

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

diferente a la guadua, ya que sus propiedades físicas son tan extraordinarias, que es un material “ideal”, para realizar los diseños con grandes voladizos en cubiertas.

- A partir de la experiencia con la construcción de estructuras de gran tamaño, diseñadas y construidas por Simón Vélez como el Pabellón Zeri (2001), los puentes “Jenny Garzón” en Bogotá (2003) y en la China (2004), la sede para la Carder en Pereira (2004), se ha demostrado que la guadua es un material con propiedades mecánicas suficientes, que le permiten participar en obras de gran dimensión, dando lugar así a la “ingeniería de la guadua.”
- Finalmente y para puntualizar tenemos que decir que, este proceso de análisis y estudio en que se ha basado la presente investigación, que al iniciarse se realizó partiendo de una serie de “hipótesis” acerca del tema en estudio. Al final de este proceso podemos decir que estos interrogantes iniciales se han resuelto tal y como se esperaba.
- Se debe considerar a la vivienda de guadua como una alternativa de sistema estructural, ya que se ha demostrado su buen comportamiento ante eventos de naturaleza sísmica por estar construido con materiales de bajo peso que producen fuerzas inerciales menores; otro factor importante radica en que el costo final

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

de la vivienda de este tipo es relativamente menor comparado con el de la vivienda construida con otros materiales, como mampostería.

- La guadua es un material constructivo muy versátil, con excelentes propiedades físicas; bajo peso, fácil consecución en nuestro medio a precios favorables; todo esto hace de ella otro material estructural competente en la canasta de la construcción.
- Como en todas las construcciones los materiales empleados para realizar viviendas de guadua en cemento deben ser de buena calidad; es importante realizar pruebas a estos para comprobar dicha calidad; con respecto a la guadua en este campo se han realizado pocas investigaciones en nuestro medio, razón por la cual se debe implementar una técnica adecuada.

6.2 ESTADO ACTUAL DEL TEMA GUADUA EN EL ECUADOR

- Actualmente, el Ecuador no cuenta con la suficiente información técnica para iniciar con la construcción empleando guadua, a gran escala. A pesar de las investigaciones realizadas, y a pesar de la experiencia en los países vecinos, la información que consta en la edición 2011 de la actual NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-11), es sumamente escueta, incluso para

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

lo concerniente a la construcción con madera. Apenas se nombra en el Capítulo 17 la construcción con guadua, y se la ha abarcado de una manera demasiado superficial, (Véase ANEXO B Cap. 17 “UTILIZACIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH EN LA CONSTRUCCIÓN”; NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION - NEC-11). En apenas 47 hojas se sintetiza todo lo referente a este tema sin llegar a profundizar tanto como se desearía a fin de poder tomar en serio este nuevo tipo de construcción, mientras que nuestra contraparte colombiana tiene un capítulo de cerca de 150 paginas destinado al mismo tema (Véase ANEXO C NSR-10).

- Sin embargo a todo esto, a raíz de las iniciativas como las planteadas en este proyecto de tesis, durante los últimos dos años, se han venido dando reuniones a fin de fortalecer la información sobre este tema a fin de poder plasmar todos estos conocimientos de una mejor manera en las posteriores NEC. En uno de los últimos talleres llevados a cabo sobre este tema, con la colaboración de todos los involucrados, como son Ministerio de Agricultura, Ministerio del ambiente, gobiernos provinciales, algunas organizaciones no gubernamentales y privadas, se bosquejó una matriz en la que se ve el estado actual y la proyección de la guadua en sus diferentes áreas de acción.

6.3 RECOMENDACIONES

- Si bien es cierto, es notable la preocupación que existe actualmente sobre el tema de la utilización de la guadua, hay que tomar en cuenta que este tema no es nuevo, y por tanto queda la duda de porque hemos tardado tanto tiempo en su desarrollo, a pesar de que a nuestro alrededor el tema tiene mas tiempo de trabajado.
- La principal recomendación es la de continuar con los trabajos iniciados, pero apoyándose aun mas en las universidades y politécnicas. Como hemos visto a lo largo del desarrollo de esta tesis, son numerosos los proyectos que han investigado sobre la guadua, sea sobre sus características o sobre métodos de construcción.
- Insistir en que no se deben abandonar las iniciativas como las citadas en este proyecto, a fin de mantener al día la situación sobre estado y uso de la Guadua en el Ecuador. Hay que tomar en cuenta que el área de la construcción es apenas una parte del gran universo que encierra la Guadua, en tal virtud, su producción, uso y comercialización será de enorme beneficio a un gran número de ecuatorianos.

BIBLIOGRAFIA

- STALIN ARMIJOS MOYA (2010) –*“Propiedades físico-mecánicas de las maderas tipo A: Guayacán Pechiche, Colorado, Sande y Mascarey: aplicación al diseño del paradero en el IASA II”.*
- DARWIN FERMANDO BARBA CHÉRREZ, EDISON PATRICIO CUEVA GARZÓN (2011) – *“Propiedades físico – mecánico de las maderas tipo B y tipo C: chanul, moral fino, pituca, fernansánchez, seique y caoba; y aplicados al diseño estructural del refugio turístico en Chilcapamba del Cantón MOCHA”*
- HIDALGO JARAMILLO HERNAN (xxxx) – *“Investigación sobre normas para ensayos con madera”*
Tesis/ 620.12 / H53i – P.U.C.E.
- JIMENEZ CARRERA LUIS SANTIAGO (1994) – *“Conexiones para elementos estructurales de madera sometidos a carga perpendicular a la fibra”.*
T-IC / 0231 / 231 – Escuela Politécnica Nacional

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

- JORGE ANÍBAL TACO ÁLVAREZ, FREDD VINICIO CARRANZA ARMENDÁRIZ (2011) – *“Calculo y diseño estructural para la cubierta del mercado central de la parroquia de Píntag en base a tenso estructuras con el uso de caña guadua”*.
- COBOS FISHER JORGE ALBERTO, LEON RODRIGUEZ XAVIER ANTONIO (2007) – *“Propiedades físico – mecánicas de la guadua Angustifolia Kunth y aplicación de diseño de baterías sanitarias del IASA II”*.
Tesis 624 C657p – E.S.P.E
- INEN(2002) - *“Código Ecuatoriano de la Construcción”*
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (1984) - *“Manual de diseño para maderas del Grupo Andino”*
4ta Edición Preliminar
Lima – Perú
- ING. GERMÁN RUBIO LUNA(2007) – *“Arte y mañas de la guadua”*
1ra Edición

PROCESO DE INDUSTRIALIZACION DE LA CAÑA GUADUA COMO MATERIAL ALTERNATIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE VIVIENDA TIPO DE UNA Y DOS PLANTAS, EMPLEANDO CAÑA GUADUA EN SUS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

ISBN: 978-958-44-2071-8

- HORMILSON CRUZ RÍOS(2009) – “*BAMBU GUADUA*”
1era. Edición
ISBN: 978-958-44-5859-9
- PORTEOUS JACK, KERMANI ABDY(2007) - “*Structural Timber Design to Eurocode 5*”
- ASTM D 143 – 94(2000) - “*Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber*”
- AGHAYERE ABI, VIGIL JASON (2007) - “*Structural Wood Design*”
- NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION 2011 –
NEC 2011