

**AYUDAS INFORMÁTICAS PARA EL CÁLCULO ESTRUCTURAL DE
VIVIENDAS EN GUADUA DE UNA Y DOS PLANTAS.**



**NATALIA ANDREA CAMARGO CLAROS
MONICA VANESA VEGA PERDOMO**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE ESTRUCTURAS
BOGOTÁ
2014**

**AYUDAS INFORMÁTICAS PARA EL CÁLCULO ESTRUCTURAL DE
VIVIENDAS EN GUADUA DE UNA Y DOS PLANTAS.**



**NATALIA ANDREA CAMARGO CLAROS
MONICA VANESA VEGA PERDOMO**

PROYECTO DE GRADO

**ASESOR: INGENIERO JORGE ENRIQUE FRANCO CARBONELL
PAR ACADEMICO: INGENIERO ORLANDO CUNDUMI SANCHEZ**

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE ESTRUCTURAS
BOGOTÁ
2014**

Nota de aceptación:

Firma del jurado # 1

Firma del Jurado # 2

Firma del director

Bogotá D.C., 03 de Octubre de 2014

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a nuestras familias comenzando por nuestros padres y siguiendo por nuestros hermanos y familiares que de uno u otro modo estuvieron a nuestra disposición para nosotras en aquellos momentos de flaqueza y cansancio como también en los momentos más felices en esta etapa que está por finalizar con el gran resultado de la obtención del título como Ingenieras Civiles. Expresaremos un profundo amor siempre por nuestras familias sintiéndonos orgullosas de cada paso quedemos junto a ellos. .

También lo ofrendamos a nuestra energía superior llamada Dios que nos alimenta de calma y tranquilidad para poder seguir adelante en las situaciones adversas como en los triunfos que logramos. Pedimos a el que nunca nos abandone y nos llene de coraje y valentía para emprender nuevos proyectos en nuestras vidas, como también el bienestar para nuestros hogares que nunca nos falte la abundancia y el amor entre cada uno de sus integrantes.

Ofrecemos este logro a todas aquellas personas que nos brindaron su amistad y que por años construyeron con nosotras una historia llenándonos de su cariño, compañía y apoyo. Estaremos junto a ellos para seguir creciendo como personas y enriqueciéndonos mutuamente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad Santo Tomas y a nuestra facultad de Ingeniería Civil por acogernos con gran fraternidad y dejarnos pertenecer a la gran comunidad tomasina, llevaremos con orgullo los valores y principios infundados durante toda nuestra académica. Dentro de esta comunidad agradecemos a cada ingeniero que aporte en nuestro desarrollo como ingenieras por poner a nuestra disposición sus conocimientos y experiencias vividas.

Al Ingeniero Jorge Franco Carbonell, por ver en nosotras las capacidades para el desarrollo de este proyecto también por su apoyo y colaboración para culminar esta etapa con los conceptos adquiridos en esta investigación.

Al Ingeniero Orlando Cundumi, por dedicarnos parte de su tiempo como par académico, para la revisión de nuestro trabajo de grado y por sus consejos para mejorar en nuestra vida profesional.

Al ingeniero Eccelino Farías por su valioso tiempo para el juzgamiento pertinente en nuestra sustentación como paso final y culminatorio de nuestra vida académica.

CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
ANEXOS	17
RESUMEN.....	19
INTRODUCCIÓN.....	20
JUSTIFICACIÓN.....	21
OBJETIVOS.....	22
OBJETIVO GENERAL	22
OBJETIVOS ESPECIFICOS	22
1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	23
2. LA GUADUA.....	24
2.1. GENERALIDADES	24
2.2. MORFOLOGIA GENERAL DE LAS BAMBUSOIDEAE	25
2.2.1. PLANTULA DE GUADUA.....	26
2.2.2. RIZOMA.....	27
2.2.3. CULMO.....	29
2.2.4. EL NUDO.....	31
2.2.5. YEMA.	31
2.2.6. COMPLEMENTO DE RAMAS.....	32
2.2.7. FOLLAJE	33
2.2.8. HOJA CAULINAR.....	33
2.2.9. INFLORESCENCIA.....	34

2.2.10.	FRUTO.....	37
2.2.11.	HÁBITO.....	37
2.3.	TAXONOMÍA	38
2.3.1.	BAMBUES HERBACEOS.....	38
2.3.2.	BAMBUES LEÑOSOS.....	39
2.4	ANATOMÍA	47
2.4.1	ANATOMÍA DE LA LAMINA FOLIAR	47
2.4.2	ESTRUCTURA DE LA EPIDERMIS DE LA LAMINA FOLIAR.....	48
2.4.3	ANATOMIA DEL CULMO	50
2.5	EDAFOLOGÍA	51
2.6	APROVECHAMIENTO SEGÚN LA EDAD DEL CULTIVO	53
2.7	PROCESO DE ALISTAMIENTO DE LA GUADUA	54
2.8	LA GUADUA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	57
2.8.1	VENTAJAS Y DESVENTAJAS	58
2.8.2	USOS DE LA GUADUA.....	59
2.9	PROPIEDADES FISICAS DE LA GUADUA	61
3.	PROYECTO DE ESTUDIO “CASA CAMPESTRE”	63
3.1.	UBICACIÓN DEL PROYECTO	63
3.2.	DESCRIPCION DEL PROYECTO “CASA CAMPESTRE”	66
3.3.	PREDIMENSIONAMIENTO	66
3.3.1.	GENERALIDADES	66
3.3.2.	CRITERIOS BÁSICOS DE PLANEAMIENTO ESTRUCTURAL.....	66
3.3.3.	DISPOSICIÓN DE MUROS ESTRUCTURALES.....	67
3.3.4.	SIMETRÍA.....	67
3.3.5.	INTEGRIDAD ESTRUCTURAL	68
3.3.6.	PESO DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN	69
3.3.7.	CIMENTACIONES.....	69
3.3.8.	INSTALACIONES HIDROSANITARIAS	72
3.3.9.	BAHAREQUE ENCEMENTADO	72
3.3.10.	CALIDAD DE LOS MATERIALES.....	73
3.3.11.	CLASIFICACIÓN DE MUROS.....	74

3.3.12.	COMPOSICIÓN DE MUROS	74
3.3.13.	DIAFRAGMAS.....	75
3.3.14.	LONGITUD DE MUROS EN CADA DIRECCIÓN.....	75
3.3.15.	DISTRIBUCIÓN SIMÉTRICA DE MUROS	76
3.3.16.	ENCHAPES PARA MUROS	77
3.3.17.	COLUMNAS DE GUADUA.....	77
3.3.18.	ENTREPISO Y UNIONES EN BAHAREQUE ENCEMENTADO.....	78
3.3.19.	CUBIERTAS PARA CONSTRUCCIÓN EN BAHAREQUE ENCEMENTADO	80
3.4.	PROCEDIMIENTO DE DISEÑO ESTRUCTURAL	81
3.4.1	COMBINACIONES DE CARGAS	81
3.4.2	ANÁLISIS SÍSMICO	85
3.4.3	ANÁLISIS DE FUERZAS DE VIENTO	94
3.4.4	ANÁLISIS DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES.....	100
3.5.	DISEÑO ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN GUADUA.....	103
3.6.	MODELACION EN ETABS®	114
3.7.	PLANOS VIVIENDA EN GUADUA	140
3.8.	SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE VIGAS Y COLUMNAS EN GUADUA SEGÚN LA NSR-10	141
4.	GUÍA DE MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA VIVIENDAS DE UNA Y DOS PLANTAS EN GUADUA	150
4.1.	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	151
4.2.	DESCAPOTE Y NIVELACION.....	151
4.3.	BASE EN CICLÓPEO.....	152
4.4.	CIMENTACIÓN.....	152
4.5	SOBRECIMENTOS	153
4.6	TUBERÍAS Y CIMENTACIÓN	153
4.7	ARMADO DE PLACA PRIMER PISO	154
4.8	ARMADO DE COLUMNAS.....	154
4.9	ARMADO DE MUROS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO.....	155
4.10	ARMADO DE VIGAS SOLERAS	155

4.11	ARMADO DE ENTREPISO	156
4.12	INSTALACIÓN DE REDES SANITARIAS, HIDRÁULICAS, ELÉCTRICAS.....	156
4.13	CONTINUIDAD DE MUROS SEGUNDO PISO	157
4.14	CUBIERTA	157
4.15	ACABADOS.....	158
4.16	CORTES TIPICOS EN LOS CULMOS	158
4.17	SOPORTES DE VIGAS.....	158
	CONCLUSIONES	159
	Bibliografía.....	160
	Referencias.....	161

LISTA DE FIGURAS

FIGURA. 1 PARTES DE LA GUADUA.....	26
FIGURA. 2 PLÁNTULA DE GUADUA.....	27
FIGURA. 3 RIZOMAS PAQUIMORFOS	28
FIGURA. 4 RIZOMAS LEPTOMORFOS.....	29
FIGURA. 5 CULMOS DE GUADUA.....	30
FIGURA. 6 NUDOS EN UN CULMO DE BAMBÚ.	31
FIGURA. 7 YEMA EN UN BAMBÚ.....	32
FIGURA. 8 FOLLAJE DE LA GUADUA.	33
FIGURA. 9 HOJAS CAULINARES.....	34
FIGURA. 10 CHUSQUEA QUILA.	35
FIGURA. 11 CHUSQUEA CORONALIS.	43
FIGURA. 12 CULTIVO DE GUADUA.....	46
FIGURA. 13 CRECIMIENTO DEL CULMO.....	50
FIGURA. 14 USOS DE LA GUADUA SEGÚN LA EDAD.	54
FIGURA. 15 CURADO CON HUMO.	55

FIGURA. 16 SECADO AL AIRE LIBRE.	56
FIGURA. 17 INMUNIZACIÓN POR INMERSIÓN.....	56
FIGURA. 18 INMERSIÓN POR MÉTODO DE BOUCHERIE.	57
FIGURA. 19 CASA CAMPESTRE – CHINAUTA.....	60
FIGURA. 20 PUENTE SANTA FE DE ANTIOQUIA.	61
FIGURA. 21 NEIVA EN HUILA, COLOMBIA.....	64
FIGURA. 22 SISTEMA RETICULAR DE VIGAS.	71
FIGURA. 23 COLUMNETAS.....	72
FIGURA. 24 PERFIL ESTRUCTURAL DE MÓDULOS	79
FIGURA. 25 PLANTA ESTRUCTURAL.	80
FIGURA. 26 COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN FA DEL SUELO.....	88
FIGURA. 27 ESPECTRO ELÁSTICO DE ACELERACIONES DE DISEÑO.	90
FIGURA. 28 ESPECTRO ELÁSTICO DE ACELERACIÓN DE DISEÑO.....	91
FIGURA. 29 VELOCIDAD DE VIENTO BÁSICO.	95
FIGURA. 30 COEFICIENTES DE PRESIÓN CP.	99
FIGURA. 31 DIÁMETROS	103

FIGURA. 32 FORMULARIO NEW MODEL INITIALIZATION.....	115
FIGURA. 33 BUILDING PLAN GRID SYSTEM AND STORY DATA DEFINITION.....	115
FIGURA. 34 FORMULARIO STORY DATA.....	116
FIGURA. 35 MATERIAL PROPERTY DATA.....	117
FIGURA. 36 MATERIAL PROPERTY DA.....	118
FIGURA. 37 ELEMENTO DE 1 GUADUA.....	119
FIGURA. 38 ELEMENTO DE 2 GUADUAS	119
FIGURA. 39 ELEMENTO DE 3 GUADUAS EN L.....	120
FIGURA. 40 ELEMENTO DE 4 GUADUAS EN T	120
FIGURA. 41 ELEMENTO DE 4 GUADUAS	121
FIGURA. 42 ELEMENTO DE 6 GUADUAS	121
FIGURA. 43 ELEMENTO DE 9 GUADUAS	122
FIGURA. 44 ELEMENTO DE 9 GUADUAS EN CRUZ.....	122
FIGURA. 45 ELEMENTO DE 12 GUADUAS EN CRUZ.....	123
FIGURA. 46 FORMULARIO ASSIGN FRAME PROPERTIES	123
FIGURA. 47 DEFINIR SECCIÓN DE CUBIERTA	124

FIGURA. 48 SECCIÓN DE PLACA DE CUBIERTA.....	124
FIGURA. 49 ESQUEMA DIMENSIONAL CUBIERTA	125
FIGURA. 50 ESQUEMA DE FIJACIONES EN CUBIERTA.....	125
FIGURA. 51 IMAGEN DEL ARCHIVO .TXT.....	126
FIGURA. 52 DEFINIR FUNCIONES DEL ESPECTRO	126
FIGURA. 53 RESPUESTA DEL ESPECTRO	127
FIGURA. 54 DEFINIR CASOS DE CARGAS.....	127
FIGURA. 55 CARGAS DE VIENTO	128
FIGURA. 56 ASIGNAR CARGAS DISTRIBUIDAS.....	129
FIGURA. 57 ANALYZING, PLEASE WAIT.....	130
FIGURA. 58 MEMBER FORCE DIAGRAM FOR FRAMES.....	131
FIGURA. 59 VISTA SECCIÓN DE COLUMNAS Y VIGAS CON DIAGRAMA DE MOMENTOS.....	132
FIGURA. 60 DETALLE DIAGRAMA MOMENTOS DE VIGA DE LA ESTRUCTURA	132
FIGURA. 61 VIGA B31	133
FIGURA. 62 VIGA B153	134

FIGURA. 63 VIGA B384	135
FIGURA. 64 VIGA B404	136
FIGURA. 65 COLUMNA C1.....	137
FIGURA. 66 COLUMNA C33.....	138
FIGURA. 67 COLUMNA C29.....	139
FIGURA. 68 COLUMNA C16.....	140
FIGURA. 69 CONTINUIDAD VERTICAL - CONTINUIDAD EN PLANTA – CONTINUIDAD EN ALTURA	150
FIGURA. 70 LOCALIZACIÓN	151
FIGURA. 71 DESCAPOTE	151
FIGURA. 72 BASE CICLÓPEO	152
FIGURA. 73 CIMENTACIÓN	152
FIGURA. 74 SOBRE CIMIENTOS.....	153
FIGURA. 75 TUBERÍAS	153
FIGURA. 76 ARMADO PLACA CONCRETO.....	154
FIGURA. 77 COLUMNAS.....	154

FIGURA. 78 MUROS EN BAHAREQUE.....	155
FIGURA. 79 VIGAS SOLERAS.....	155
FIGURA. 80 ARMADO ENTREPISO	156
FIGURA. 81 REDES HIDROSANITARIAS.....	156
FIGURA. 82 MUROS PISO 2.....	157
FIGURA. 83 CUBIERTA	157
FIGURA. 84 CORTES TÍPICOS	158
FIGURA. 85 TIPOS SOPORTE VIGAS	158

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 INFORMACIÓN GENERAL DE NEIVA

TABLA 2 VALORES MÍNIMOS PARA CIMENTACIONES

TABLA 3 VALORES COEFICIENTE DE DENSIDAD CB

TABLA 4 CARGAS ADMISIBLES EN COLUMNAS.

TABLA 5 SECCIONES REQUERIDAS PARA ENTREPISOS.

TABLA 6 SECCIONES PARA CUBIERTAS CON CORREAS DE GUADUA.

TABLA 7 VALORES AA Y AV PARA CADA CIUDAD.

TABLA 8 CLASIFICACIÓN DE PERFILES DE SUELO.

TABLA 9 CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS TIPO C, D, E

TABLA 10 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.

TABLA 11 DATOS PARA EL CÁLCULO DEL ESPECTRO DE DISEÑO

TABLA 12 VALORES DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE ACELERACIONES.

TABLA 13 CÁLCULOS DE FUERZAS SÍSMICAS

TABLA 14 FACTOR DE DIRECCIONALIDAD DE VIENTO

TABLA 15 FACTOR DE IMPORTANCIA

TABLA 16 COEFICIENTES DE EXPOSICIÓN PARA PRESIÓN DINÁMICA.

TABLA 17 CONSTANTE DE EXPOSICIÓN DEL TERRENO.

TABLA 18 COEFICIENTES DEPRESIÓN EXTERNA.

TABLA 19 CARGAS DE VIENTO DE DISEÑO

TABLA 20 DERIVAS MÁXIMAS COMO PORCENTAJE DE HPI.

TABLA 21 VERIFICACIÓN DE DERIVAS.

TABLA 22 ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD

TABLA 23 FACTORES DE REDUCCIÓN

TABLA 24 COEFICIENTES MODIFICACIÓN POR DURACIÓN DE CARGA

TABLA 25 COEFICIENTES MODIFICACIÓN POR HUMEDAD.

TABLA 26 COEFICIENTES MODIFICACIÓN POR TEMPERATURA

TABLA 27 FÓRMULAS PARA CÁLCULO DE DEFLEXIONES

TABLA 28 MÓDULOS DE SECCIÓN PARA VIGAS COMPUESTAS

TABLA 29 CLASIFICACIÓN DE COLUMNAS POR ESBELTEZ

TABLA 30 VALORES ADMISIBLES EN MUROS DE BAHAREQUE ENCEMENTADO.

TABLA 31 DIMENSIONES MÍNIMAS DE ARANDELAS PARA UNIONES EMPERNADAS.

TABLA 32 CARACTERÍSTICAS MÍNIMAS PARA UNIONES

TABLA 33 RESUMEN RESULTADOS B31

TABLA 34 RESUMEN RESULTADOS B153

TABLA 35 RESUMEN RESULTADOS B384

TABLA 36 RESUMEN RESULTADOS B404

TABLA 37 RESUMEN RESULTADOS C1

TABLA 38 RESUMEN RESULTADOS C33

TABLA 39 RESUMEN RESULTADOS C29

TABLA 40 RESUMEN RESULTADOS C16

TABLA 41 VERIFICACIÓN DISEÑO B31

TABLA 42 VERIFICACIÓN DISEÑO B153

TABLA 43 VERIFICACIÓN DISEÑO B404

TABLA 44 VERIFICACIÓN DISEÑO C1

TABLA 45 VERIFICACIÓN DISEÑO C16

TABLA 46 VERIFICACIÓN DISEÑO C29

TABLA 47 VERIFICACIÓN DISEÑO C73

ANEXOS

Anexo1 Archivos Txt (digitales)

- Espectro
- Basal
- Basal corregido
- Input
- Output

Anexo 2 Imágenes del modelo

- Nodos (cubierta y entrepiso)
- Secciones (cubierta y entrepiso)
- Vigas
- Columnas
- Cortante
- Momento
- Deformada
- Vistas frontal y posterior
- Escalera (momentos y cortante)

Anexo 3 Hojas de cálculo (digital)

- Coordenadas
- Cargas

- Memorias
- Sismo
- Cargas de viento por columnas
- Resultados ETABS

Anexo 4 Modelos (digitales)

- Modelo geométrico corrido basal corregido
- Escalera

Anexo 5 planos

- Planos arquitectónicos
- Planos estructurales
- Plano de cimentación

RESUMEN

El presente documento busca incentivar al lector sobre uso de la guadua como materia prima en la construcción de viviendas en el país, para ello se han planteado una serie de aspectos que lo lleven a conocer esta planta tanto en su etapa vegetal como en su etapa de materia prima.

Por esta razón se presentan características taxonómicas y morfológicas de la guadua así como se analiza esta planta como material constructivo sus propiedades físico –mecánicas, usos y aplicaciones a la ingeniería civil, las ventajas y desventajas de usarla en diferentes tipos de vivienda o de edificaciones.

También se presenta un análisis de una casa campestre con el fin de verificar su diseño estructural mediante un programa, finalmente se proporciona una guía sobre métodos constructivos con este material donde se explican los procedimientos adecuados para la construcción.

PALABRAS CLAVE: Guadua angustifolia, Software Etabs, pernos, anclajes.

INTRODUCCIÓN

La Guadua es un recurso de múltiples aplicaciones ,tiene ventajas naturales e industriales en Asia y en Europa, sin embargo en Colombia donde la especie alcanza una producción representativa no existe la suficiente explotación y aprovechamiento de este recurso; el cual se puede utilizar en diferentes sectores económicos y productivos a saber: construcción de viviendas , puentes, muebles, canaletas, acueductos, y en la elaboración de artesanías, instrumentos musicales , utensilios de cocina entre otros. Además dadas sus características ecológicas le permite ser una fuente importante de agua, contribuir en la regulación de los guadales, así como en la captura de CO₂ y la purificación del medio ambiente.

La guadua como cadena productiva se enfrenta a grandes retos .En primer lugar el guadua debe ser valorado económicamente por sus propietarios, ya que quienes sacan mayor provecho son agentes externos, además es necesario que se modernicen los sistemas tradicionales de explotación ya que en la actualidad esta se lleva a cabo a través de técnicas empíricas que con frecuencia ocasionan daños en el guadua, además de no satisfacer la demanda de calidad del mercado.

En la actualidad la explotación de la guadua en Colombia ha venido mostrando avances importantes, podemos mencionar que dicho potencial se empezó a mostrar a través de los diferentes proyectos de construcción posteriores al terremoto del eje cafetero esto aprovechando su cualidad sismo-resistente; y en investigaciones sobre su aporte a la conservación del medio ambiente y sobre sus fortalezas físico- mecánicas para usos industriales .Al mismo tiempo demuestra que es un producto que representa una alternativa de diversificación económica viable para los agricultores colombianos.

JUSTIFICACIÓN

La selección de este material en la utilización en la construcción de edificaciones no solo tiene beneficios ingenieriles si no que siendo un elemento y recurso natural su siembra, producción, recolección y utilización se produce con tecnología limpia. Es un recurso renovable, económico y seguro. Se fomenta la mano de obra no calificada llenando un vacío de falta de oportunidades de trabajo. Su siembra y producción tiene ventajas colaterales como es principalmente que la especie es retenedora de agua ayudando al suelo.

Se quiere llegar a un cálculo estructural eficiente haciendo un comparativo entre herramientas tecnológicas como software y la reciente normativa NSR10, ya que mucha de la comunidad de la ingeniería civil no conoce muy a fondo este tipo de material y sus características. También nace de una necesidad de crear un compendio de información esencial sobre este material desde su buena cosecha hasta los procesos constructivos pasando por características físico mecánicas, tipo de cortes, entre otros.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Proporcionar ayudar informáticas para el Analizar estructural de una vivienda de una o dos plantas hechas en guadua y bahareque en cementado.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Dar a conocer las características principales de una buena guadua para la construcción como lo es su preservación, utilización y beneficios
- Proporcionar una guía sobre los métodos constructivos más eficientes para las viviendas de uno o dos plantas.
- Obtener una hoja de cálculo sencilla y eficiente a la hora de calcular la cantidad de material que se necesita para la construcción de este tipo de vivienda
- Sustentar el estudio mediante la utilización de un software como el ETABS, para la modelación y cálculos de la estructura
- Realizar un estudio estructural en base a un proyecto que está en proceso de ejecución en la ciudad de Neiva.

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La guadua fue descubierta por los amerindios que vivían en América antes de la llegada de los españoles. A esta planta la llamaban "guaúda", "guafa", y era utilizada para la fabricación de viviendas, puentes, balsas, herramientas, etc.

En el año de 1806 fue descrita por Alexander Humboldt y Amadeo Bonplán quienes vieron esta planta en Colombia y la llamaron *Bambusa guadua*, luego en 1822 fue clasificada por Carl Sigismund Kunt como *Guadua angustifolia*. Se considera como una de las plantas nativas más representativas de los bosques andinos.¹

Este recurso se utilizaba ya desde épocas remotas por parte de los primitivos pobladores de los Andes, y actualmente sigue siendo usada, especialmente en la región centro-occidental de Colombia.

A este recurso vegetal se le rinde homenaje en nuestro país cada 19 de octubre, dada la recursividad de usos y ventajas que proporciona al medio ambiente.

En cuanto a la construcción de edificaciones en la región centro occidental de Colombia, desde mediados del siglo XIX, se desarrolló una técnica basada en el uso de la Guadua, que muy pronto se difundió en gran escala particularmente por sus características sismo-resistentes. Surgió así el Bahareque, técnica que integra columnas y envigados de este material, con marcos de madera y trenzados o tramados también de Guadua, constituyendo una canasta estructural, que comprende paredes, suelo y techo, muy adaptables a la topografía del terreno y, sobre todo, a los movimientos sísmicos.

¹ Moran Ubidia, Jorge. (2002). Origen de la palabra "Bambu".

2. LA GUADUA

2.1. GENERALIDADES

Los bambúes son un elemento común en el continente americano. Se registran bambúes nativos en todos los países del nuevo mundo con excepción de Canadá. Por su rápido crecimiento, gran versatilidad y resistencia, esta maravillosa gramínea ha sido de gran utilidad para el hombre a lo largo de su historia.

Crece en regiones tropicales y templadas de Asia, África y América. Se conocen como las gramíneas más grandes del mundo y se distinguen del resto de ellas por tener:

- El hábito de perenne.
- Los rizomas bien desarrollados.
- Los culmos casi siempre lignificados y fuertes.
- Las hojas pecioladas
- El embrión pequeño en comparación con el endospermo
- Presencia de 3 lodículas en el antecio
- Las plántulas con la primera lamina ancha y en posición horizontal
- El meso filo no radiado con células fusoides y células armadas
- Los haces vasculares usualmente en cantidades mayores de uno y superpuestos en la nervadura central
- Los cuerpos silíceos verticalmente orientados.

En el mundo existe un total de 90 géneros y 1100 especies, que se distribuyen desde los 51° de latitud Norte (Japón) hasta los 47° de latitud Sur (Chile) y desde el nivel del mar hasta los 4300 metros de altura reportada en los Andes ecuatoriales en la formación conocida como Páramo. Los bambúes prefieren los hábitats húmedos de las selvas nubladas y selvas bajas tropicales aunque algunos crecen en hábitats secos como *Dendrocalamus strictus* del Asia y *Guadua amplexifolia* del Nuevo Mundo.

En América, existen 41 géneros y 451 especies, casi la mitad de la diversidad mundial, los cuales se distribuyen desde los Estados Unidos con *Arundinaria gigantea*, a lo largo y ancho de Centro y Suramérica, en las Islas del Caribe, hasta el sur de Chile, con *Chusquea culeo*. Se reconoce como el área de mayor grado de endemismo y diversidad la "mata littoranea" del sur de Bahía, Brasil con presencia del 48% (22 géneros) de todos los géneros americanos, cinco (5) de los cuales son endémicos. Le sigue en diversidad la cordillera de los Andes desde Venezuela hasta Bolivia, y la parte sur de Mesoamérica.

Taxonómicamente los bambúes pertenecen a la familia Poaceae y a la subfamilia Bambusoideae, y se han dividido en dos grandes tribus, los bambúes herbáceos u Olyrodae y los bambúes leñosos o Bambusodae.

La tribu OLYRODAE en América reúne un total de 20 géneros y aproximadamente 130 especies de bambúes herbáceos, lo que equivale al 80% de la diversidad genérica mundial. Se reconocen 3 regiones en el mundo particularmente ricas en este tipo de bambúes: la región de Bahía, en el oriente del Brasil; la región norte del Brasil (Amapa y las Guayanas); y la región del Choco, en Panamá y Colombia.

La tribu BAMBUSODAE en América reúne los bambúes leñosos y tienen como centro de diversidad la cordillera de los Andes, albergando el 87% de las especies, según estudios en el 2001. Se sabe por ejemplo, que estos bambúes presentan un incremento en su diversidad a medida que se asciende en las montañas, observándose una mayor concentración de especies entre los 2000-3000 m sobre el nivel del mar. Por debajo de los 1000 m de altitud, la diversidad disminuye registrándose un mayor incremento en el número de individuos a nivel de especie y un predominio de los géneros *Arthrostylidium*, *Guadua* y *Rhipidocladum*.

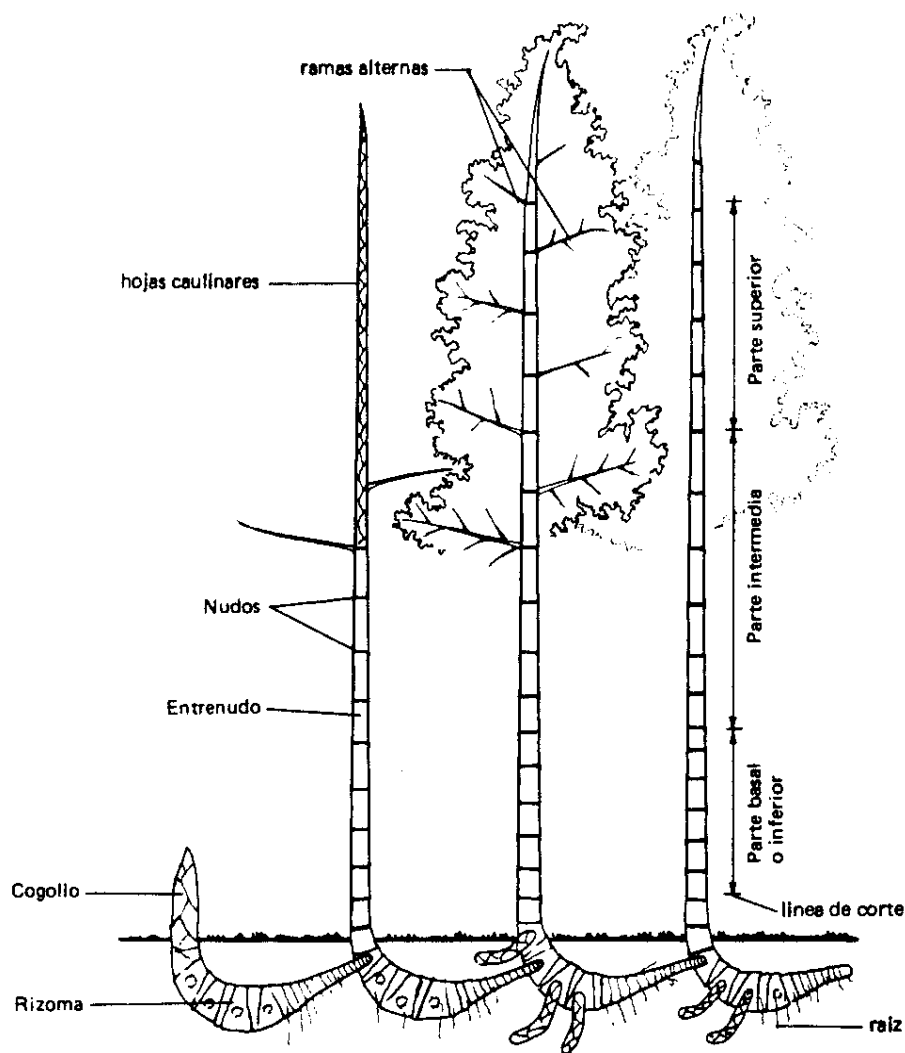
Por encima de los 3000 m únicamente se encuentran especies de los géneros *Chusquea*, *Neurolepis* y *Aulonemia*. En Colombia, la mayor diversidad de bambúes leñosos se da en la región Andina entre los 2000-3000 m de altitud, y de las 3 Cordilleras, es la Cordillera Oriental la más rica en especies con el 65% de los bambúes hasta ahora reportados, le sigue en abundancia y diversidad la cordillera Central con 60% y la Occidental con 37%.

2.2. MORFOLOGIA GENERAL DE LAS BAMBUSOIDEAE

Los bambúes son plantas con una gran diversidad morfológica; las hay de pocos centímetros y tallos herbáceos hasta bambúes de 30 metros de altura y tallos leñosos. Debido a su naturaleza especializada y a su floración infrecuente, se le ha dado mucha importancia a estructuras morfológicas tales como rizoma, culmo, yema, complemento de rama, hoja caulinar y follaje. A continuación se describe cada una de estas estructuras, y se hace también referencia a la inflorescencia, el fruto, la plántula, y el hábito.²

² Londoño, Ximena. 2002. "DISTRIBUCION, MORFOLOGIA, TAXONOMIA, ANATOMIA, SILVICULTURA Y USOS DE LOS BAMBUES DEL NUEVO MUNDO", agosto 2002, <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>

Figura. 1 Partes de la Guadua



Fuente: (Lopez)³

2.2.1. PLANTULA DE GUADUA.

En las gramíneas las plántulas tienen valor taxonómico como lo observó Avdulov (1931), el cual reconoció dos tipos diferentes con base en la forma y posición de la primera hoja extendida de la plántula: tipo I ("panicoide") se caracteriza por que la primera hoja es amplia, oval o lanceolada y su posición es horizontal o ascendente; tipo II ("festucoide") se caracteriza por que la primera hoja es larga, angosta, y más o menos vertical en su posición (Calderón & TRS, 1973). A pesar de la baja producción de semillas en los bambúes, y dificultad en el estudio sobre

³ Hidalgo Lopez, Oscar. Estudios Técnicos Colombianos Ltda.- Editores, p.1

las plántulas se han encontrado varias especies de bambue, sin embargo para la contextualización sobre la morfología de esta planta se hace de manera general.

Figura. 2 Plántula de Guadua



Fuente: (Crouzet, 1998)

2.2.2. RIZOMA.

Es un eje segmentado típicamente subterráneo que constituye la estructura de soporte de la planta, y juega un papel importante en la absorción. Consta de tres partes:

- Cuello del rizoma: es basal a este y es la parte que primero se desarrolla; carece de yemas y generalmente es corto como en el caso de la mayoría de las especies del genero Bambusa, pero puede también ser muy elongado y alcanzar hasta 8 m de longitud como en el caso de Guadua weberbaueri del Amazonas y de Eremocaulon aureofimbriatum de Bahía, Brasil.
- Rizoma: se caracteriza por su posición típicamente subterránea, por la presencia de yemas, de brácteas, y de raíces adventicias o primordios de raíces.
- Raíces adventicias.⁴ cumplen la función de absorción y también de anclaje en la planta, son fibrosas, delgadas, rústicamente cilíndricas y aparentemente no aumentan su diámetro con la edad, además, es el único eje vegetativo en los bambúes que no es segmentado.

NOTA: son muy útiles en aspectos geotécnicos, como estabilización de laderas.

⁴ Londoño, Ximena. 2002. "DISTRIBUCION, MORFOLOGIA, TAXONOMIA, ANATOMIA, SILVICULTURA Y USOS DE LOS BAMBUES DEL NUEVO MUNDO", agosto 2002, <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>

➤ **TIPOS DE RIZOMAS.**

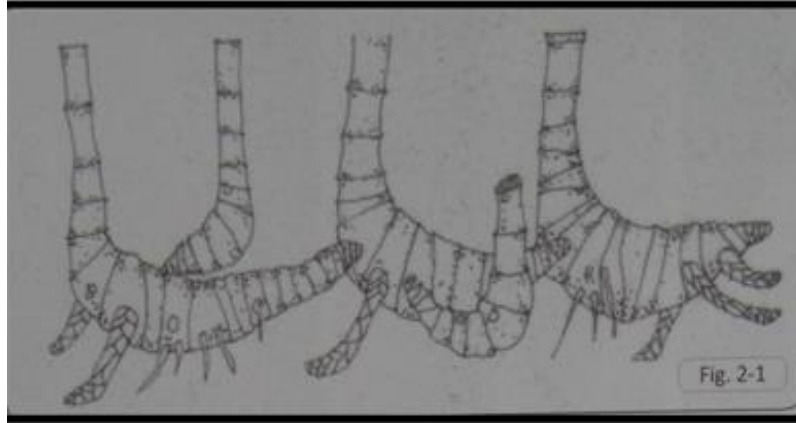
Existen tres formas básicas de rizoma: Paquimorfos, Leptomorfos y amfimorfos.

○ **RIZOMA PAQUIMORFO:**

Es corto y grueso y se caracteriza por presentar:

- a) forma subfusiforme, ser más o menos curvo (raramente recto) y con un diámetro generalmente mayor que el del culmo en el cual se transforma apicalmente,
- b) los entrenudos son más anchos que largos, sólidos y asimétricos (más anchos hacia el lado que sostiene la yema),
- c) los nudos no son elevados o inflados,
- d) las yemas laterales son solitarias y se transforman únicamente en rizomas, requisito indispensable para la formación de culmos;
- e) presenta proliferación de raíces adventicias en la parte más baja del rizoma y aplanamiento de la parte dorsiventral del eje;
- f) el cuello del rizoma puede ser corto o elongado. Los bambúes del cinturón tropical tienen generalmente este tipo de rizoma.

Figura. 3 Rizomas Paquimorfos



Fuente: (Crouzet, 1998)

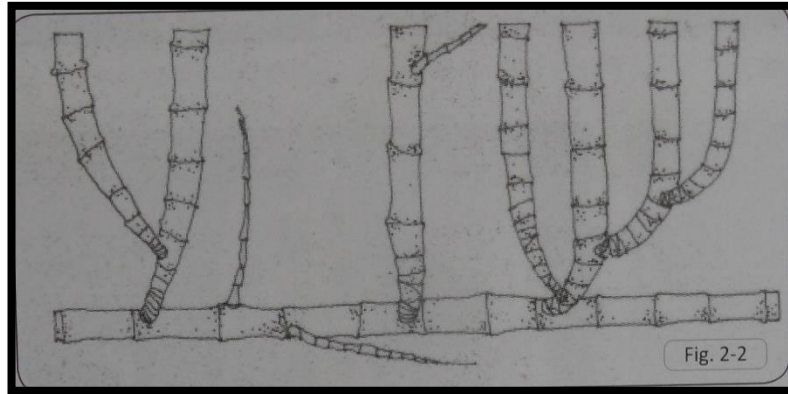
○ **RIZOMA LEPTOMORFO:**

Es elongado y delgado y se caracteriza por presentar:

- a) forma cilíndrica o subcilíndrica, ser más o menos recto y con un diámetro generalmente menor que el del culmo en el cual se transforma apicalmente,
- b) los entrenudos son más largos que anchos, generalmente huecos (raramente sólidos), y relativamente simétricos.
- c) los nudos pueden ser o no elevados o inflados.

d) las yemas laterales son solitarias, y se transforman directamente en culmos, y unas pocas se transforman en rizomas.

Figura. 4 Rizomas Leptomorfos.



Fuente: (Crouzet, 1998)

e) las raíces adventicias pueden estar o no presentes, cuando están presentes se organizan en verticilos sencillos o bien esparcidos (figura 4);
f) el cuello del rizoma es siempre corto. Los bambúes de la región septentrional o de zonas templadas presentan en su mayoría este tipo de rizoma.

○ **RIZOMA AMFIMORFO:**

Es la combinación de los dos tipos de rizomas anteriores. Existen bambúes americanos como *Chusquea fendleri* con la capacidad de producir ambos tipos de rizoma en la misma planta; las yemas del segmento paquimorfo da origen a otro rizoma mientras que las del segmento leptomorfo dan origen a mas culmos.

2.2.3. CULMO.

Es el eje aéreo segmentado que emerge del rizoma. Este término se emplea principalmente cuando se hace referencia a los bambúes leñosos.

El culmo consta de:

- a) cuello
- b) nudos
- c) entrenudos.

Se le denomina cuello a la parte de unión entre el rizoma y el culmo; nudo a los puntos de unión de los entrenudos; y entrenudo a la porción del culmo comprendida entre dos nudos. Los nudos son la parte más resistente del culmo, pueden ser bien prominentes como en *Guadua paniculata* y *G. sarcocarpa*, o casi

imperceptibles como en *Rhipidocladum*. Los entrenudos puede ser huecos como en la mayoría de las especies, o sólidos como en *Chusquea* y en algunas especies de *Merostachys* y *Guadua*; o también pueden ser surcados como en *Phyllostachys* y en algunas especies de *Guadua*, o totalmente cilíndricos como en *Merostachys* y *Elytostachys*. Otros caracteres importantes de observar en el entrenudo son la presencia o no de un exudado blanco sobre la superficie (cera), la presencia de agua en la cavidad interna, y el color y la textura de su superficie.

Figura. 5 Culmos de *Guadua*



Fuente: (Crouzet, 1998)

En un culmo (figura 5) la alternancia entre nudo y entrenudo es constante, sin embargo existen algunos bambúes en donde hay supresión de entrenudos y congestión de nudos, tal es el caso de los géneros *Glaziophyton*, *Myriocladus* y de algunas especies de *Aulonemia*. Generalmente en un culmo se observa un incremento gradual en la longitud del entrenudo de la base hacia la porción media y luego una reducción hacia el ápice.

Con relación al hábito de los culmos, los bambúes se pueden agrupar en:

- a) estrictamente erectos,
- b) erectos pero arqueados en la punta,
- c) estrictamente escandentes y trepadores,
- d) erectos en la base y escandentes en la parte superior.

NOTA: el culmo es la parte más útil de esta planta, y su uso depende de su estado de madurez, es decir los culmos nuevos son buena fuente alimenticia, los jóvenes son utilizados en artesanías, los maduros se usan son los más adecuados para la construcción.

2.2.4. EL NUDO

Figura. 6 Nudos en un Culmo de Bambú.



Fuente: (Crouzet, 1998)

Es la zona donde se desarrollan las ramas del follaje y las ramas con espina; en *Guadua* generalmente se observa una rama por nudo (figura 6) y siempre una yema por nudo, además, arriba y abajo del nudo se observa una banda de pelos cortos, adheridos a la superficie del culmo y muy blancos que es característica del género. El **entrenudo** es el segmento comprendido entre dos nudos, puede ser hueco o sólido, con pared delgada o gruesa, corto o largo; en el caso del género *Guadua* la mayoría de las especies tienen el entrenudo hueco, pero algunas especies como *G. glomerata*, y *G. amplexifolia* tienen el entrenudo sólido.

NOTA: los entrenudos sirven como almacenadores de agua.

2.2.5. YEMA.

Esta siempre protegidas por un profilo; puede ser activa o inactiva, de carácter vegetativo o reproductivo. En el culmo las yemas se localizan por encima de la línea nodal y en posición dística; rompen su inactividad generalmente cuando el culmo ha completado el crecimiento apical.

Figura. 7 Yema en un Bambú.



Fuente: (Crouzet, 1998)

En algunos bambúes las yemas basales permanecen dormidas indefinidamente mientras que en otros son las yemas del 1/3 medio las que no se desarrollan; a veces hay ausencia total de yemas en el primer tercio o en las 3/4 partes del culmo. Todos los bambúes americanos, con excepción de *Chusquea* tienen una sola yema por nudo. En *Chusquea* la disposición de las yemas en el nudo y la forma de la yema central, son los caracteres principales utilizados para establecer las secciones del género.

2.2.6. COMPLEMENTO DE RAMAS.

Las ramas se originan en la línea nodal, por encima de esta o sobre un promontorio. Su número y organización varían mucho. Existe desde una rama hasta más de 100 ramas por nudo, dispuestas en forma de abanico (*Rhipidocladum* y *Merostachys*), con una rama central dominante (*Atractantha*) o sin ella (algunas especies de *Chusquea*). En su inicio, la ramificación puede ser extravaginal, cuando emerge a través de la base de la hoja caulinar como ocurre en la casi todas las especies de *Chusquea*; intravaginal, cuando emerge por dentro de la hoja caulinar sin romperla como por ejemplo en *Guadua* y *Arthrostylidium*; e infravaginal, cuando emerge por debajo de la base de la vaina sin romperla, como en el caso de los géneros asiáticos *Dinochloa* y *Nastus* y de algunas especies de *Chusquea* (*Ch. latifolia*). La ramificación de los bambúes varía mucho durante los diferentes estados de desarrollo de la planta, sin embargo, la forma más típica de ramificación se observa en la parte media de los culmos adultos. En algunos bambúes las ramas basales se modifican y llegan a transformarse en espinas como sucede en la mayoría de las especies de *Guadua*.

NOTA: las ramas sostienen el follaje y su principal función es el proceso fotosintético, por su alto contenido de fibra se usan en la fabricación de papel y paneles.

2.2.7. FOLLAJE

Es la principal fuente de elaboración de alimento en la planta. En la mayoría de las gramíneas la hoja está constituida por vaina, lámina, y apéndices como aurículas y fimbrias. Únicamente en las subfamilias Bambusoideae, Arundinelleae y Centothecoideae existe el pseudopeciolo, estructura de unión, orientación y desarticulación entre la vaina y la lámina.

Figura. 8 Follaje de la Guadua.



Fuente: (El Hogar Natural, s.f.)

La lamina es una estructura que varía mucho en tamaño y forma, las hay desde muy pequeñas (Radiella) hasta muy grandes (*Guadua amplexifolia*), y desde lineares (*Arthrostylidium*) hasta triangular-lanceoladas (*Anomochloa*).

2.2.8. HOJA CAULINAR.

Es la estructura que nace en cada nudo del culmo y tiene como función proteger la yema que da origen a las ramas y al follaje. Presenta cambios progresivos en su tamaño, forma, consistencia y vestimento a lo largo del culmo. Se consideran a las de la porción media del culmo como las más características de la especie.

Figura. 9 Hojas Caulinares.



Fuente: (El Hogar Natural, s.f.)

Las hojas caulinares (figura 9) pueden ser persistentes o deciduas, y en una misma especie se pueden observar hojas persistentes en la base y deciduas en la porción superior como en el caso de *Guadua superba*. Una hoja caulinar está constituida por dos partes: la vaina o parte basal y la lámina o parte distal. Además de estas dos estructuras presenta: apéndices como aurículas y fimbrias, lígula interna que es la estructura de unión entre la vaina y la lámina, y en ciertas ocasiones una faja o anillo en la base de la vaina que le sujeta fuertemente al culmo. La lámina puede ser persistente (*Arthrostylidium*), decidua (*Aulonemia*), continua (*Guadua*), o discontinua con la vaina (*Eremocaulon* y *Elytostachys*).

NOTA: estas estructuras tienen como función proteger las yemas del culmo y son útiles en la manufactura de artesanías.

2.2.9. INFLORESCENCIA.

Este término hace referencia a la organización de las flores en una planta. La inflorescencia de los bambúes es un eje o un sistema de ejes (ramas asociadas), que emergen de un eje común llamado raquis primario. Tanto el raquis primario como los demás ejes finalizan en una espiguilla. La espiguilla se considera la unidad básica estructural en la inflorescencia de los bambúes. Está constituida por un eje segmentado denominado raquilla, el cual sostiene las brácteas y emíferas (cuando las hay), las glumas, y uno o varios flósculos.

Se conoce como flósculo la unidad en la cual una espiguilla se rompe cuando el segmento de la raquilla se desarticula y está compuesto por el segmento de la raquilla, el lema, la palea y la flor. La flor reúne los órganos reproductivos y tres lodículas; está protegida generalmente por la palea.

En los bambúes la inflorescencia puede tener aspecto de panícula o de racimo y se distinguen básicamente dos formas indeterminada y determinada.⁵

➤ **INFLORESCENCIA INDETERMINADA**

Es aquella que se prolonga indefinidamente mediante la producción progresiva de ramas. Cada eje florífero inicia y completa su periodo de crecimiento independientemente y termina en una espiguilla indeterminada, es decir, con un antecio rudimentario al final de la espiguilla que tiene el potencial para desarrollar más flores en un futuro. Un carácter importante en este tipo de inflorescencia es la producción continua de ejes floríferos en la parte basal del raquis debido a la presencia de yemas con potencial para desarrollar estos ejes. Los géneros Americanos *Alvimia*, *Atractantha*, *Criciuma*, *Elytostachys*, *Eremocaulon* y *Guadua* presentan este tipo de inflorescencia.

➤ **INFLORESCENCIA DETERMINADA**

Es aquella que es estrictamente limitada. Cada eje florífero finaliza su periodo de crecimiento en un tiempo limitado y termina en una espiguilla convencional, con un flósculo completo terminal; no hay presencia de brácteas yemíferas en la base de los ejes floríferos. Este tipo de inflorescencia lo presentan los géneros leñosos *Chusquea* (figura 10) y *Neurolepis*.

Figura. 10 *Chusquea Quila*.



Fuente: (wikipedia, s.f.)

⁵ Londoño, Ximena. 2002. "DISTRIBUCION, MORFOLOGIA, TAXONOMIA, ANATOMIA, SILVICULTURA Y USOS DE LOS BAMBUES DEL NUEVO MUNDO", agosto 2002, <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>

Cuando y como florecen los bambúes: la floración de los bambúes puede ser gregaria o esporádica. Se denomina gregaria cuando todos los miembros de una generación determinada, con un origen común, entran a la etapa reproductiva aproximadamente al mismo tiempo. En este tipo de floración todos los culmos de una especie florecen al mismo tiempo independiente de su edad y del lugar en que se encuentren.

La longitud del ciclo de floración varía en cada especie, con un rango de fluctuación entre 3-60 años. Después de florecer y producir semillas, el culmo se seca, la planta se debilita y muere con el rizoma, ocurriendo la muerte total de grandes poblaciones de bambú, ocasionando desequilibrios ecológicos (osos panda) y a veces con implicaciones sociales (India y Bangladesh). Este fenómeno es común en Asia y sucede con especies importantes económicamente tales como *Phyllostachys bambusoides* y *Melocanna baccifera*.

En América, *Guadua trinii*, *Aulonemia trianae* y algunas especies de *Chusquea* presentan también este fenómeno de floración masiva y sus efectos son sobretodo ecológicos sin afectar a las poblaciones humanas adyacentes por no depender económicamente de ellas. Hasta el momento se desconoce la razón por la cual una especie florece gregariamente; parece ser que ni las condiciones ambientales específicas, ni la edad o tamaño de los culmos y de la planta, han sido identificadas como factores significativos que determinen la floración de especies separadas entre sí por miles de kilómetros.

Las múltiples investigaciones que se han realizado para entender este fenómeno han señalado que la edad del rizoma parece tener una gran influencia en el proceso de floración. Se denomina floración esporádica cuando todos los miembros de una generación determinada con un origen común, entran gradualmente a la etapa reproductiva en diferentes tiempos, o en intervalos irregulares. En este tipo de floración ni todos los individuos ni todos los culmos de una especie florecen simultáneamente; la floración puede darse en grandes manchas aisladas como sucede con *Chusquea tessellata*, o únicamente pueden florecer algunos culmos del rodal como sucede con *Guadua angustifolia*. La longitud del ciclo de floración es irregular, puede ser anual, o presentar intervalos mayores.

Después de la floración esporádica se observa un ligero amarillamiento de la planta, pero con emisión de brotes nuevos; la planta no se muere, y gracias a ello no se presentan desequilibrios ecológicos ni efectos sociales. La mayoría de los bambúes herbáceos presentan este tipo de floración, y algunos bambúes leñosos tales como *Bambusa vulgaris*, *Bambusa tulda*, *Dendrocalamus giganteus*, y *Cephalostachyum pergracile*, del Viejo Mundo, y *Chusquea lehmannii*, *Ch. tessellata*, *Guadua angustifolia*, *G. superba* y *G. glomerata*, del Nuevo Mundo.

2.2.10. FRUTO.

Caracteres del fruto tales como la forma y tamaño del embrión, y la forma del hilum son muy significativos y sirven para distinguir grupos mayores dentro de las gramíneas y ayudan a delimitar taxonómicamente a la subfamilia Bambusoideae. En las Bambusoideae el fruto es indehisciente, el hilum es siempre lineal, y el embrión es más pequeño que el endospermo, este último carácter no se cumple en aquellos bambúes que tienen fruto carnoso.

La diversidad de formas en los frutos de los bambúes es muy amplia. En la mayoría de las especies el fruto es un cariopsis con pericarpio seco, delgado, y tiene la forma de un grano de trigo o de arroz; existen unos pocos géneros con pericarpio carnoso, escutelo grande y endospermo presente, reducido o líquido: *Alvimia* de Brasil, *Olmea* de México, *Dinochloa*, *Melocanna*, *Melocalamus*, y *Ochlandra* de Asia, y la especie *Guadua sarcocarpa* de Perú y Brasil. Debido a lo extemporáneo y raro que es la floración en los bambúes, la información sobre sus frutos es aun incompleta.

Importancia y utilización del fruto: los frutos se utilizan principalmente como fuente alimenticia. Los cariopsis secos de muchas especies, ricos en almidón, son consumidos en África y en Asia, así como los frutos carnosos de *Melocanna baccifera* en India. En América, únicamente los frutos carnosos de *Guadua sarcocarpa* se han reportado como fuente de alimento para las comunidades Machiguengas de Perú y Brasil. La anatomía del fruto y del embrión ha sido utilizada por científicos como Hilton y Reeder para la caracterización de algunos géneros.

2.2.11. HÁBITO.

La forma típica y natural asumida por la parte aérea de una planta de bambú está ligada directamente a su sistema rizomático y al hábito de crecimiento. Los bambúes con rizomas paquimorfos y cuellos cortos, por ejemplo *Guadua superba* y *Rhipidocladum racemiflorum*, forman plantas compactas, definidas, y cespitosas; bambúes con rizomas paquimorfos y cuellos largos, como *Guadua angustifolia*, *G. weberbaueri* y *Eremocaulon aureofimbriatum*, forman plantas menos compactas y definidas; y bambúes con rizomas leptomorfos, como por ejemplo *Phyllostachys aurea*, *Chusquea latifolia* y *Ch. serpens*, forman plantas abiertas, indefinidas y no cespitosas.

Este carácter del hábito del bambú toma importancia cuando se realizan aprovechamientos silviculturales, facilitándose la extracción de los culmos en los bambúes no cespitosos, y dificultándose en los bambúes cespitosos. La diversidad de formas y de hábitos hace del bambú un elemento ideal en la ornamentación y el embellecimiento del paisaje, además de que juegan un papel muy importante como barreras rompe vientos.

2.3. TAXONOMÍA

Se entiende por taxonomía a la ciencia que describe, nombra y clasifica los organismos, utilizando la flor como la unidad básica para la identificación. Es menester anotar que solo en los últimos 50 años se ha avanzado en el conocimiento taxonómico de los bambúes de América, periodo relativamente cortó en comparación con el Viejo continente, en donde se han realizado estudios botánicos desde aproximadamente 150 años. En América, los trabajos de McClure, Calderón, Soderstrom, Ellis, y más recientemente Clark, Davidse, Judziewicz, Londoño y Zuloaga, han contribuido a esclarecer el concepto de la subfamilia Bambusoideae, y a comprender los límites de las tribus en que se agrupan los bambúes del neotrópico.⁶

Para poder llevar a cabo estudios taxonómicos sobre las plantas, es necesario realizar trabajo de campo y de laboratorio. En el caso de los bambúes, ha sido y continua siendo un limitante los ciclos peculiares de su floración, con intervalos de 10, 20, 40 y 120 años, y la falta de colecciones completas en los herbarios. Por lo general, los botánicos ignoran los bambúes leñosos debido a lo dispendioso que es recolectarlos, y si lo hacen los especímenes son generalmente incompletos, dificultando de esta manera la labor de la identificación. Debido a la rareza de encontrar bambúes con flor, se ha dado mucha importancia a los caracteres vegetativos; algunos de estos caracteres han servido para establecer secciones dentro del género como es el caso de la disposición de las yemas en Chusquea.

Por razones prácticas los bambúes se han dividido en dos grandes grupos o súper tribus que no siempre reflejan relaciones filogenéticas entre ellas.

2.3.1. BAMBUES HERBACEOS

Crecen generalmente en el estrato herbáceo de la selva tropical y subtropical por debajo de los 1000 m donde son polinizados por insectos. Se distribuyen desde los 29° de latitud Norte hasta los 34° de latitud Sur, presentando la mayor diversidad específica y el mayor endemismo entre los 10° y 15° tanto de latitud Norte como de latitud Sur, disminuyendo esta diversidad notablemente cerca de la línea Ecuatorial. En el mundo existe un total de 21 géneros y 107 especies agrupados en una tribu, Olyreae. América aporta el 95% de la diversidad genérica mundial, 20 géneros y 106 especies.

⁶ Londoño, Ximena. 2002. "DISTRIBUCION, MORFOLOGIA, TAXONOMIA, ANATOMIA, SILVICULTURA Y USOS DE LOS BAMBUES DEL NUEVO MUNDO", agosto 2002, <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>

La importancia de los bambúes herbáceos radica en que su estudio contribuye a interpretar la evolución de la subfamilia Bambusoideae y también a esclarecer la filogenia de la familia Poaceae. Estos bambúes herbáceos tienen además gran valor potencial como planta ornamental.

TRIBU OLYREAE⁷

Es la tribu más numerosa de los bambúes herbáceos. Reúne 20 géneros endémicos del Neotrópico que se distribuyen desde México hasta la Argentina, con una sola especie, *Olyra latifolia*, naturalizada en la zona tropical del Viejo Mundo.

Los bambúes de esta tribu generalmente tienen rizomas cortos y forman plantas cespitosas. Las inflorescencias son monoicas, con espiguillas unifloras terminales o axilares. La lema y la palea femenina se endurecen al madurar y encierran la flor que consiste en tres lodículas truncadas y glabras, tres estambres, un ovario glabro, un estilo y dos estigmas plumosos.

Anatómicamente es diagnóstico para este grupo los cuerpos silíceos con márgenes crenadas, la forma de las células intercostales y la organización de las papilas.

Olyra, *Pariana* y *Cryptochloa* presentan el mayor rango de distribución y el mayor número de especies. Son endémicos de Cuba *Ekmanochloa*, *Piresiella* y *Mniochloa*; endémicos de Brasil y/o Guyana *Diandrolyra*, *Eremitis*, *Froesiochloa*, *Rehia*, *Reitzia* y *Sucrea*.

En Colombia se han reportado hasta el momento nueve (9) géneros, *Arberella*, *Cryptochloa*, *Lithachne*, *Maclurolyra*, *Olyra*, *Pariana*, *Parodiolyra*, *Piresia*, y *Raddiella*, y 25 especies de bambúes herbáceos.

2.3.2. BAMBUES LEÑOSOS

Son los más numerosos y dispersos en la subfamilia Bambusoideae con especies en el Viejo y Nuevo Mundo. Su distribución latitudinal y altitudinal es igual a la de la subfamilia 51° N, 47° S; crecen generalmente en hábitats abiertos y son polinizados por el viento. Su diversidad está asociada con la radiación que llega a los diferentes valles y laderas abruptas de cordilleras, montañas y serranías. En todo el mundo existe un total de 61 géneros y 800-900 especies agrupados en una tribu, *Bambuseae*, y en nueve subtribus, cuatro exclusivas del Viejo Mundo, *Bambusinae*, *Nastinae*, *Shibataeinae*, y *Schizostachydinae*, cuatro únicas del Nuevo Mundo, *Arthrostylidiinae*, *Chusqueinae*, *Guaduinae* y *Neurolepidinae*, y una

⁷ Londoño, Ximena. 2002. "DISTRIBUCION, MORFOLOGIA, TAXONOMIA, ANATOMIA, SILVICULTURA Y USOS DE LOS BAMBUES DEL NUEVO MUNDO", agosto 2002, <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>

subtribu, Arundinariinae, que se distribuye en los dos hemisferios. El Nuevo Mundo aporta 23 géneros y aproximadamente 380 especies.

Estos bambúes leñosos se caracterizan por tener:

- rizomas fuertes, bien desarrollados,
- culmos lignificados,
- brotes nuevos protegidos por hojas especializadas llamadas hojas caulinares,
- (4) complejo sistema de ramificación,
- lamina foliar decidua, con lígula interna y externa,
- floraciones cíclicas y monocárpicas, con intervalos largos,
- espiguillas multifloras o precedidas por lemas estériles cuando son unifloras,
- flores bisexuales organizadas en espiguillas o pseudoespiguillas,
- alto rango en el número cromosómico, con un número básico de $x=12$, (10) 3 lodículas ciliadas y acuminadas,
- (11) Células fusoides casi siempre presentes, usualmente redondeadas,
- (12) estomas rodeadas o no por papilas,
- (13) cuerpos silíceos verticalmente elongados, generalmente en forma de enjalma.

Son los bambúes de mayor interés en la subfamilia por su gran utilidad y múltiples usos. En Asia los más reconocidos son las especies de los géneros *Bambusa* y *Dendrocalamus* (Bambusinae), que se distribuyen en las zonas tropicales de África, India, Sureste de Asia, China, y Norte de Australia, y el género

Phyllostachys (Shibateinae), de China, Japón, Oeste de Himalaya y Noroeste de India. En América las especies de *Guadua* son las más utilizadas por las comunidades que habitan entre 0-1500 metros de altitud mientras que las de *Chusquea* y *Aulonemia* son más utilizadas por las comunidades ubicadas por encima de los 2000 metros.

➤ ***SUBTRIBUS LEÑOSAS AMERICANAS***

○ ***ARTHROSTYLIDIINAE***

Reúne 11 géneros y aproximadamente 150 especies. Estos géneros representan el 48% de la diversidad genérica de América y son: *Actinocladum*, *Alvimia*, *Arthrostylidium*, *Arthroostachys*, *Atractantha*, *Aulonemia*, *Colantheria*, *Elytostachys*, *Merostachys*, *Myriocladus* y *Rhipidocladum*. Estos bambúes habitan desde las húmedas selvas tropicales hasta los bosques Andinos a 3000 metros de elevación y en zonas secas como la región del "Cerrado" en Brasil. Sus miembros tienen rizomas simpodiales, culmos erectos o trepadores, yemas solitarias en el

nudo, inflorescencia determinada en la mayoría de los géneros, 3 estambres y generalmente dos estigmas.

Taxonómicamente esta subtribu reúne caracteres anatómicos importantes en la lámina foliar que la distinguen de las demás subtribus. Estos caracteres son: papilas refractivas, nervadura central reducida con vasculatura simple, marcada diferencia en la anatomía de las márgenes opuestas de la lámina, y la más característica, la presencia de esclerenquima en la zona intercostal.

Algunas características de los géneros más comunes son:

a) ARTHROSTYLIDIUM.

Reúne aproximadamente 30 especies de hábito escandente y culmos delgados que se distribuyen desde México hasta Bolivia como también en la Amazonia Brasileña, en elevaciones que oscilan entre 0-2700 metros. La mayoría de las especies se ubican en Cuba e Islas del Caribe (15 spp.) y solo unas pocas (8 spp.) se han reportado para Sur América. En Colombia estos bambúes se encuentran en las tres Cordilleras, Central, Occidental y Oriental, y en la Sierra Nevada de Santa Marta, en elevaciones entre 2000 y 2700 metros donde crecen asociados a la vegetación de la selva Andina.

b) AULONEMIA.

Endémico del Nuevo Mundo con aproximadamente 30 especies de hábito erecto o trepador, que se distribuyen desde México, Centro América, a lo largo de los Andes hasta Bolivia y Perú, con algunas especies al oriente de las Guyanas y, centro y sur del Brasil en elevaciones entre 1800-3500 metros. En Colombia las especies de Aulonemia se localizan en las tres cordilleras, Central, Occidental y Oriental, entre 2000 y 3000 m de altitud. De todas ellas, Aulonemia queko es la especie económicamente más importante del género ya que sus largos entrenudos son utilizados por los indígenas de los Andes para elaborar flautas, cerbatanas y varios tipos de artesanías; es una especie amenazada por la destrucción de su hábitat, y su supervivencia está muy ligada a la conservación de la selva andina.

c) RHIPIDOCLADUM

Reúne aproximadamente 12 especies endémicas también del Neotropico. Se extiende desde México hasta Brasil y noroccidente de Argentina y crece entre 0-2000 m de altitud, principalmente en los bosques nublados. Presenta afinidad con Merostachys y Arthrostylidium, y se caracteriza por su complemento de ramas en abanico. De estas especies, Rh. harmonicum desempeña un papel importante entre las comunidades indígenas y campesinas de los Andes de Colombia,

Ecuador, Perú y Bolivia, quienes la utilizan para hacer toda clase de instrumentos musicales como flautas, quenás, zampoñas, y rondadores. Esta especie, igual que *Aulonemia queko*, es una especie amenazada ya que su supervivencia depende mucho de la selva Andina.

d) *ELYTROSTACHYS*.

Reúne dos especies endémicas de América tropical. Crece en las selvas húmedas entre 200 y 1500 m de altitud. Se distribuye en Centroamérica hasta Honduras, en la planicie norte de Colombia, y recientemente ha sido reportada en el Parque Nacional del Manu, al sureste del Perú, a 12° de latitud sur. Es un bambú trepador y muy ornamental. En Colombia solo se le ha ubicado en los valles del Magdalena y Cesar, por debajo de 500 metros de altitud, en regiones muy cálidas y semiáridas. Ocasionalmente se usa para la construcción, pero las paredes tan delgadas de los culmos impiden que sea un buen material para este fin, sin embargo, tiene un gran potencial como materia prima para la fabricación de canastos.

○ *CHUSQUEINAE*

Reúne 2 géneros y 155 especies. *Chusquea* y *Neurolepis* se distribuyen desde México hasta la Argentina y Chile, con especies en la parte sur no Andina de Venezuela, en las tierras altas de las Guayanas, en Brasil, y unas pocas especies en las islas del Caribe y en las Islas de Juan Fernández. Ambos géneros habitan las selvas húmedas Andinas, preferiblemente por encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar hasta los 4300 m. Aunque vegetativamente estos dos géneros son muy diferentes, comparten ciertos caracteres en el ámbito de la anatomía de la lámina foliar como es la presencia de papilas en las células subsidiarias de los estomas y la composición de la espiguilla con cuatro glumas y un flósculo perfecto. Los datos moleculares hasta el momento respaldan una fuerte relación entre estos dos géneros.

a) *CHUSQUEA*

se caracteriza principalmente por sus culmos sólidos, por la presencia de múltiples yemas en la región nodal, por las espiguillas unifloras compuesta por 4 glumas y un flósculo perfecto, y por tener un número cromosómico básico de $n=10$ como se ve en la figura 11. Sus miembros son bambúes de porte pequeño o grande, con culmos que pueden medir hasta 18 metros de altura y 6 cm de diámetro, de hábito escandente o erecto, con rizomas paquimorfos o excepcionalmente amfimorfos o leptomorfos. El género se ha dividido en 3 subgéneros con base en su hábito,

ramificación, y hábitat y en varias secciones formalmente reconocidas (Chusquea, Longifoliae, Longiprophyllae, Serpentes, Verticillatae, y Swallenochloa).

Los culmos de algunas especies de Chusquea son utilizados por las comunidades de altura para la construcción de sus viviendas utilizando el sistema conocido como bahareque, también los utilizan como poder calorífico en las cocinas, y el follaje para alimento de animales; algunas especies son ornamentales o tiene gran potencial para este fin.

Figura. 11 Chusquea Coronalis.



Fuente: (Crouzet, 1998)

Chusquea es un bambú muy útil para los campesinos de las tierras frías, porque les provee material para la construcción de sus viviendas. Para los indígenas Arhuacos de la Sierra Nevada de Santa Marta en Colombia, este bambú es muy importante en sus ceremonias religiosas y en la construcción de sus viviendas y templos.

b) NEUROLEPIS:

Es un género que reúne 21 especies; se distribuye desde Costa Rica y Trinidad, a lo largo de los Andes hasta el norte de Bolivia, creciendo en paramos húmedos, selva alto-andina y selva nublada, desde los 2000 m hasta los 4300 m de altura, siendo *N. aristata* el bambú que crece a mayor altura en el mundo.

A diferencia de la mayoría de los bambúes leñosos, la parte aérea del culmo no es ramificada. Su característica más sobresaliente es el gran tamaño de las hojas foliares que pueden medir hasta 4 m de longitud y 20 cm de ancho, las más grandes entre las gramíneas. Estas hojas son utilizadas por pobladores de los páramos en Colombia para techar las viviendas.

Hasta el momento parece ser que el centro de dispersión de este género es Colombia, pues alberga 7 de las 10 especies, las cuales crecen casi exclusivamente en los páramos de las cordilleras Central, Occidental y Oriental. Los campesinos de las tierras frías utilizan las hojas de *Neurolepis* como cobertura para el techo de sus viviendas.

○ ***GUADUINAE*⁸**

Incluye los géneros *Criciuma*, *Eremocaulon*, *Olmeca*, *Oatea* y *Guadua*. Los dos primeros géneros existen únicamente en Brasil, *Olmeca* y *Oatea* en México, y *Guadua* desde México hasta Argentina. Altitudinalmente prefieren las tierras bajas y húmedas entre 0-2000 metros. Sus miembros se caracterizan

por tener rizoma simpodial o amfipodial, culmos huecos o sólidos, con o sin espinas, erectos a escandentes, una yema por nudo, inflorescencia indeterminada o determinada, espiguillas multifloras, estambres 6 o 3, ovario glabro o pubescente, con 2 o 3 estigmas plumosos, con un número cromosómico conocido de $2n=46$.

La anatomía foliar de esta subtribu se diferencia ampliamente de la anatomía de la subtribu *Bambusinae* ni de la subtribu *Arthrostylidiinae*. Algunas características de los géneros de esta subtribu son:

a) *CRICIUMA*:

Género mono típico, de hábito trepador, crece únicamente en la "mata littoraena" del sur de Bahía, Brasil, en una estrecha franja de selva con suelos arenosos, entre los pueblos de Una y Olivença (Soderstrom & Londoño, 1987). El carácter vegetativo más notable de *Criciuma asymmetrica*, es que la nervadura central es excéntrica, dándole a la hoja un aspecto asimétrico; la inflorescencia está constituida por largas espiguillas y flores con 6 estambres y 2 estigmas.

b) *EREMOCAULON*:

Género también monotípico, conocido únicamente en las selvas de Bahía, Brasil, en los Municipios de Ibirapitanga, Jaguaquara, Una, y Wenceslau de Guimarães.

⁸ Londoño, Ximena. 2002. "DISTRIBUCION, MORFOLOGIA, TAXONOMIA, ANATOMIA, SILVICULTURA Y USOS DE LOS BAMBUES DEL NUEVO MUNDO", agosto 2002, <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>

Se caracteriza por tener hojas caulinares con lámina refleja y fimbrias doradas muy largas en la boca de la vaina y por sus culmos solitarios separados uno de otro hasta por 2 metros, debido a los cuellos elongados del rizoma. Los culmos son erectos basalmente, pero se arquean apicalmente y se apoyan en la vegetación que les rodea. La inflorescencia de *Eremocaulon aureofimbriatum* está conformada por espiguillas con flores que contienen 6 estambres y dos estigmas.

c) OLMECA:

Genero Mexicano que reúne dos especies, Olmeca reflexa y O. recta, las cuales habitan la región de Los Tuxtlas, Veracruz (O. recta), y los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz (O. reflexa). Se caracterizan por tener fruto carnososo, un carácter no muy común entre los bambúes americanos pero que lo comparten *Alvimia* de Brasil, y *Guadua sarcocarpa* de la amazonia Peruana y Brasileña (Soderstrom, 1981; Soderstrom & Londoño, 1988; Londoño y Peterson 1991); y por el cuello elongado del rizoma, que alcanza hasta 8 metros de longitud (Soderstrom, 1981; Soderstrom y Londoño, 1988).

d) OTATEA:

Genero de Centroamérica, habita los chaparrales secos, las laderas de los caños y las montañas de limos en la parte central y sur de México, extendiéndose hasta Nicaragua y El Salvador, donde crece entre los 200 m y 2700 m de altitud. Incluye 3 especies, *Otatea aztecorum*, O. fimbriata, y O. acuminata. Se caracterizan por su marcado dimorfismo foliar entre las plantas jóvenes y las plantas viejas. Este género es el que más diverge de la subtribu *Guaduinae* especialmente por la ausencia de células fusoides en la lámina foliar.

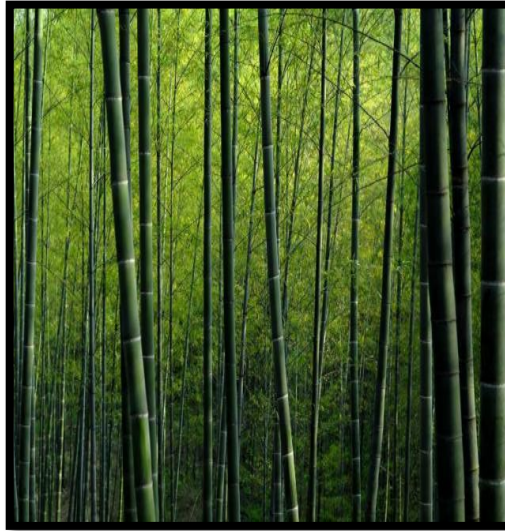
e) GUADUA:

Reúne las especies más grandes y económicamente más importantes de América tropical; es endémico del Nuevo Mundo con aproximadamente 30 especies que se distribuyen desde México (22° 55'N), hasta el norte de la Argentina (30° S), y desde el nivel del mar hasta un máximo de 2800 m, prefiriendo las bajas altitudes (0-1500 m) y las regiones húmedas. La temperatura parece ser el factor limitante en su distribución latitudinal y altitudinal. Se sabe que cerca de la línea ecuatorial no soporta temperaturas por debajo de 0°C con duraciones mayores de 6 horas diarias.

Por los estudios anatómicos y morfológicos realizados por Soderstrom y Ellis (1986), y Soderstrom y Londoño (1987), se han definido una serie de caracteres que permiten tipificar este género creado por Kunth en 1822. Se sabe que la mayoría de las especies de *Guadua* fueron originalmente descritas como *Bambusa*, sin embargo, al analizar la anatomía de la lámina foliar y la morfología, se puede afirmar que estos bambúes nativos de América tropical no

pueden ubicarse ni dentro del género *Bambusa*, ni dentro de la subtribu *Bambusinae* sino que constituyen su propio género, *Guadua*, y su propia subtribu, *Guaduinae*.

Figura. 12 Cultivo de *Guadua*.



Fuente: (wikipedia, s.f.)

Los caracteres que diferencian a *Guadua* del resto de bambúes son:

- hoja caulinar en forma triangular con los bordes de la vaina y de la lámina continua o casi continua;
- banda de pelos blancos y cortos arriba y abajo de la línea nodal;
- presencia de estomas por el haz y por el envés de la lámina foliar;
- presencia de papilas asociadas con estomas por el haz de la lámina foliar;
- palea de textura firme con quillas aladas; y
- cuerpos silíceos en forma de silla de montar, angostos y elongados.

El carácter de las espinas aunque es muy constante, no se puede considerar un carácter genérico sino específico. La mayoría de las poblaciones de *Guadua* crecen entre 0-1500 m ocupando diversos hábitats, sin embargo es frecuente observarlas a orillas de los ríos y quebradas, y en los valles interandinos en donde forma grandes sociedades llamadas "guaduales".

2.4 ANATOMÍA

La anatomía ha jugado un papel muy importante en los estudios sistemáticos de la familia Poaceae, convirtiéndose en una herramienta básica en el sistema de clasificación.⁹

2.4.1 ANATOMÍA DE LA LAMINA FOLIAR

Actualmente todos los trabajos taxonómicos sobre las Poaceae deben incluir información sobre la anatomía foliar, expresada de tal manera que pueda ser incorporada dentro de la base de datos, bien sea a través de microfotografías o mediante la descripción de los caracteres. La clasificación básica de los cinco grupos mayores en los cuales se han dividido las Poaceae, se ha basado en parte en los estudios anatómicos de la lámina foliar, específicamente en el estudio de la epidermis y de las secciones transversales. Estos cinco grupos mayores son: Arundinoideae, Bambusoideae, Chloridoideae, Pooideae, y Panicoideae.

Además de la anatomía de la lámina foliar, los caracteres anatómicos de otras estructuras morfológicas como la epidermis de las lígulas, de las brácteas, de las espiguillas, y la anatomía del culmo, son también útiles para la identificación de las especies y se ha demostrado que tienen valor taxonómico sobre todo cuando el género ya ha sido establecido por el método tradicional de caracteres macroscópicos.

En la epidermis abaxial se observan principalmente: células cortas, células largas, células silíceas, células suberosas, macropelos, micropelos, papilas, y estomas. En la epidermis adaxial se observan: células buliformes, células cortas, células largas, células silíceas, macropelos, papilas, y estomas. En el caso específico de los bambúes, la anatomía ha servido para delimitar la subfamilia Bambusoideae del resto de gramíneas y para definir las tribus que conforman esta subfamilia, pero no ha sido muy útil para definir grupos menores como géneros y especies.

En la subfamilia Bambusoideae los caracteres anatómicos de la estructura de la lámina foliar que permiten diferenciarle de los otros grupos son:

- a) La organización de las células clorenquimatosas del mesófilo de manera no radiada

⁹ Londoño, Ximena. 2002. "DISTRIBUCION, MORFOLOGIA, TAXONOMIA, ANATOMIA, SILVICULTURA Y USOS DE LOS BAMBUES DEL NUEVO MUNDO", agosto 2002, <http://www.hof-landlust.de/scb/taller.html>

⁶ Cultivo de Guadua ,<http://www.dbambu.net/noticias/el-bambu-guadua-importancia>

- b) La presencia en el mesófilo de células armadas y de células fusoides, estructuras muy raras de observar en otras subfamilias. Se conocen como células armadas aquellas células con una fina invaginación en la pared celular; y como células fusoides aquellas células del mesófilo bastante evidentes, translúcidas, con perfil fusiforme cuando se observan en un corte transversal, estas últimas células varían considerablemente en tamaño en diferentes especies y géneros. La presencia a la vez de células armadas y fusoides en la epidermis tipifican a las Bambusoideae
- c) La presencia de micropelos unicelulares relativamente elongados y con las dos células aproximadamente iguales en longitud
- d) La presencia de un sistema complejo vascular en donde los haces vasculares están localizados tanto en la epidermis abaxial como en la adaxial; en la mayoría de las Poaceae los haces vasculares están organizados en un arco convencional sobre la epidermis abaxial. Además de la complejidad del sistema vascular, en las Bambusoideae todos los haces vasculares están rodeados por un sistema elaborado de tejido de esclerenquima dando la apariencia de una "cabeza de mico"
- e) La orientación vertical de los cuerpos silíceos en relación con el sentido horizontal de la lámina foliar. Se denominan cuerpos silíceos a los depósitos de sílice en las células silíceas de la epidermis.

2.4.2 ESTRUCTURA DE LA EPIDERMIS DE LA LÁMINA FOLIAR

Al hacer el estudio de la epidermis de la lámina foliar de un bambú se observan fácilmente las siguientes zonas y estructuras:

➤ ZONA COSTAL

Es aquella zona arriba de los nervios longitudinales o sistema vascular; es más fácil de visualizar por la superficie abaxial que por la adaxial y se reconoce por la abundancia de cuerpos silíceos grandes y bien definidos sobre los nervios.

➤ ZONA INTERCOSTAL

Es la zona comprendida entre dos nervios longitudinales. Reúne a la zona estomatal y a la zona interestomatal.

➤ ***ZONA ESTOMATAL***

Es el área donde se ubican los estomas, es decir a lado y lado de la zona costal. Generalmente las estomas se observan más fácilmente por la superficie abaxial.

➤ ***ZONA INTERESTOMATAL***

Se encuentra en la zona intercostal y corresponde al área comprendida entre los dos grupos de estomas. Generalmente está constituida por células largas intercostales.

➤ ***CÉLULAS BULIFORMES***

Son células grandes, de forma rectangular, generalmente organizadas en dos filas y rodeadas por células largas intercostales. Estas células buliformes únicamente están presentes en la superficie adaxial y es un carácter fácil para reconocer la epidermis adaxial de la abaxial.

Al realizar un corte transversal de la lámina foliar de un bambú se observa en el mesófilo y en la estructura vascular de la nervadura central lo siguiente:

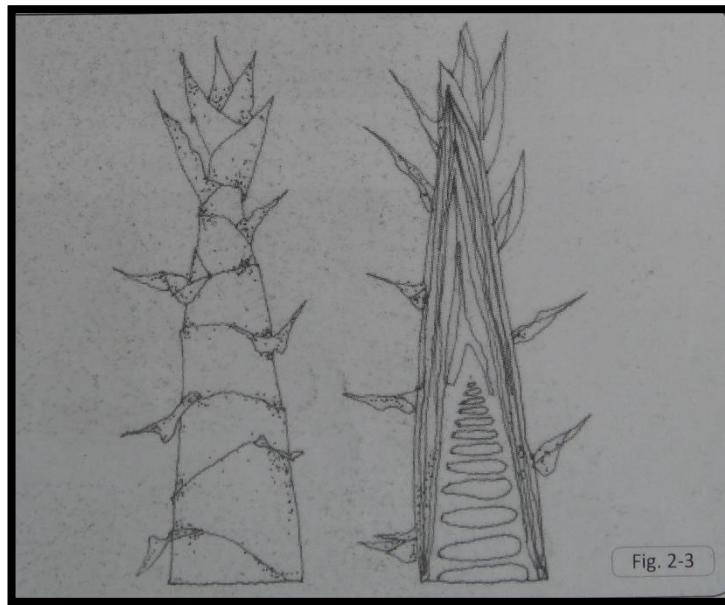
- Las células están organizadas de manera no radial; en la mayoría de las gramíneas la estructura del mesófilo está constituida por células organizadas de manera radial alrededor de cada haz vascular. Allí también se ubican las células armadas y las células fusoides, y se observa el desarrollo masivo de esclerenquima alrededor de los haces vasculares, carácter único de los bambusoideae.
- La estructura vascular de la nervadura central: la nervadura principal se localiza en la posición media de la lámina; varia de muy evidente a escasamente perceptible, y puede tener entre 1-24 o más haces vasculares; también varía en complejidad dependiendo si está más cerca a la base que al ápice, siendo más complejo hacia la base. Los bambúes, a diferencia de las demás gramíneas, presentan un complejo sistema vascular, sin embargo en *Chusquea abietifolia* el sistema vascular es relativamente simple.

En conclusión, la presencia de células armadas y células fusoides en un corte transversal, ayudan a diferenciar a las Bambusoideae de las demás gramíneas.

2.4.3 ANATOMIA DEL CULMO

Los bambúes carecen de tejido de cambium y por eso no presentan crecimiento secundario o incremento en diámetro, solamente tienen crecimiento primario o apical. En los entrenudos las células están axialmente orientadas, mientras que los nudos proveen la interconexión transversal. El tejido del culmo consiste de células parenquimatosas, de haces vasculares, y de fibras. Las células parenquimatosas constituyen la base del tejido y son en su mayoría verticalmente elongadas. Los haces vasculares están compuestos por: a) el xilema, con 2 grandes metaxilemas y, 1 o 2 más pequeños elementos del protoxilema (vasos), y por b) el floema con paredes delgadas y tubos cribosos sin lignificar, los cuales están conectados a las células acompañantes o fibras. Las fibras constituyen el tejido esclerenquimatoso y se localizan alrededor de los haces vasculares o forman bandas aisladas en algunas especies; contribuyen con el 40-50% del total del tejido del culmo y con el 60-70% de su peso.

Figura. 13 Crecimiento del Culmo.



Fuente: (Crouzet, 1998)

La estructura anatómica del corte transversal de un entrenudo está determinada por la forma, tamaño, organización y número de los haces vasculares (ver figura 13), los cuales contrastan con el tejido esclerenquimatoso (fibras) y parenquimatoso. En la periferia del culmo los haces vasculares son más pequeños y más numerosos, mientras que hacia la parte interna son más grandes y más

escasos. Dentro de la pared del culmo el tamaño de haces vasculares decrece de la base hacia la punta mientras su densidad se incrementa al mismo tiempo.¹⁰

Los elementos conductores de agua funcionan o trabajan toda la vida sin remplazar sus tejidos como en el caso de las maderas con tejido de cambium. En los culmos más viejos los vasos y los tubos cribosos pueden parcialmente llegar a impermeabilizarse debido a la deposición de una sustancia como goma, perdiendo así la conductividad, lo que causa la muerte del culmo viejo. La distribución porcentual de las células dentro del culmo muestra un patrón definido tanto en el sentido horizontal como en el vertical. En el sentido horizontal las células conductivas y el parénquima son más frecuentes en el tercio interno de la pared, mientras que en el tercio externo el porcentaje de fibra es notablemente más alto. En el sentido vertical la cantidad de fibra incrementa de la base hacia la punta mientras que la cantidad de tejido de parénquima decrece. La práctica común de dejar dentro del bosque el ápice del culmo que se corta y beneficia, es un desperdicio por el alto contenido de fibra que contiene.

En la *guadua angustifolia* el tejido del culmo está compuesto, como en los otros bambúes por:

- a) corteza,
- b) células de parénquima,
- c) fibras
- d) haces vasculares los cuales están conformados por células de esclerénquima, vasos (metaxilema, floema, protoxilema) y por tubos cribosos con células acompañantes. Según Liese (1998), un culmo está conformado en un 52% por tejido de parénquima, en un 40% por fibras y en un 8% por tejido conductivo, estos valores varían con la especie.

En el caso de *G. angustifolia* esta composición es: 51% parénquima, 40% fibras y 9% tejido conductivo. Comparativamente con otros bambúes tropicales y subtropicales, *G. angustifolia* presenta un porcentaje de fibra relativamente alto.

2.5 EDAFOLOGÍA

La *Guadua angustifolia* Kunth se desarrolla normalmente en suelos de mediana profundidad areno limosos, francos y franco-arenosos, sueltos aluviales, propios de las vegas de los ríos y quebradas, con tal que sean húmedos y bien drenados

¹⁰ Londoño, Ximena. Camayo, Gloria. Riaño Néstor. "CARACTERIZACION ANATOMICA DEL CULMO DE *Guadua angustifolia* Kant", <http://www.fundeguadua.org/imagenes/DESARROLLOS%20TECNOLOGICOS/ARTICULOS%20Y%20PUBLICACIONES/CARACTERIZACION%20ANATOMICA%20DEL%20CULMO%20DE%20Guadua%20angustifolia%20Kunth.pdf>

o, por lo menos, no inundables; con frecuencia, de color amarillo o amarillo rojizo, preferiblemente provenientes de cenizas volcánicas.

Aunque Anda (1983) dice que las propiedades de los suelos aptos para el cultivo de la Guadua difieren entre las zonas tropicales y las templadas. En las zonas tropicales las formaciones de los bosques de Guadua se encuentran en suelos negros y aluviales y raramente en suelos lateríticos y suelos rojos.

Varios aspectos que intervienen en la calidad de la guadua y por ende en su uso son:

➤ ***ACIDEZ***

La acidez promedio del suelo debe ser de pH 5,8, aunque tolera pH entre 5,5 y 6,0.

➤ ***ALTITUD***

En nuestro medio esta especie se desarrolla bien en altitudes comprendidas entre los 40 y los 2.340 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), pero lo hace en óptimas condiciones entre los 900 y los 1600 m.s.n.m. En el bosque húmedo subtropical se encuentra el límite de su adaptabilidad, puesto que en él existen alturas superiores a los 2.300 m.s.n.m. y temperaturas medias inferiores a los 16° centígrados.

➤ ***CLIMA***

Prefiere climas con abundancia de nubes, ambiente caluroso y húmedo.

➤ ***PRECIPITACIÓN PLUVIOMETRICA***

Dependiendo de la latitud, se desarrolla óptimamente cuando el rango de precipitación pluvial oscila entre los 2.000 y los 2.500 mm/año.

➤ ***ILUMINACIÓN***

Para condiciones de óptimo desarrollo, el brillo solar debe estar comprendido entre las 1.800 y las 2.200 horas/año.

➤ ***HUMEDAD RELATIVA***

Este es uno de los factores más influyentes en su desarrollo. El rango más favorable a los bosques de Guadua está comprendido entre el 75% y el 80%.

➤ **TEMPERATURA**

Aun cuando se encuentra en climas cálidos, templados y fríos, adaptándose a las más variadas condiciones ambientales, su rango óptimo oscila entre los 20 y los 26 grados centígrados (°C). A medida que se aleja de este rango, especialmente hacia abajo, su desarrollo vegetativo afecta, tanto los diámetros, como las alturas de los tallos. Vale decir, que la *Guadua* crece y se reproduce con mayor fertilidad en buenos suelos, alcanzando en algunos casos una población mayor de 800 tallos por hectárea en algunas regiones.

Por eso, su presencia es un indicativo de tierras propias para la explotación agrícola, lo cual ha traído como consecuencia que, en gran medida, hayan sido destruidos y reducidos a pequeñas manchas boscosas aisladas lo que antes eran inmensos guaduales que cubrían vastas regiones, hasta el punto de que a mediados del presente siglo, comenzó a llamar la atención y a crear inquietud entre sus estudiosos la desaparición de varias especies, debido al corte incontrolado, unas veces, para utilizar sus tierras para labores agrícolas, y otras, por la enorme demanda que tenían sus tallos, dada la variedad de usos que ofrecían. Entre estas especies merecen citarse la *Guadua aculeata* Varliebmaniana que fue arrasada totalmente y la *Guadua aculeata* Ruprech ex Fournier que está a punto de desaparecer, ambas en Centroamérica.

La *Guadua angustifolia* Kunth está a punto de correr la misma suerte, principalmente en la parte septentrional de la América del Sur. Es bueno recordar que entre uno de los depredadores de estas especies está la United Fruit Co., que a principios de siglo destruyó inmensos guaduales en Colombia, Honduras y Guatemala, para utilizar sus tierras, por ser las más aptas para el cultivo del Banano (Cambur).¹¹

2.6 APROVECHAMIENTO SEGÚN LA EDAD DEL CULTIVO

Los cogollos de bambú de 20 o 30 días de edad se utilizan como alimento humano. Por otra parte pueden deformarse artificialmente con ayuda de formaleas para obtener bambúes de sección cuadrada como se ve en la figura 14.

Las cañas que tengan entre 6 meses y un año de edad se emplean en la elaboración de canastos, esferas y otros tipos de tejidos.

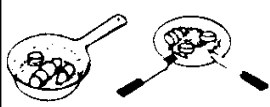
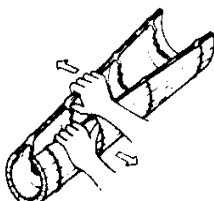
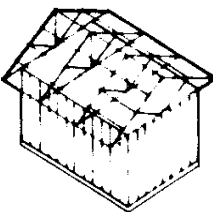
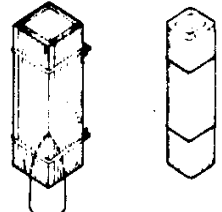
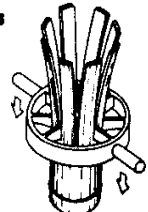
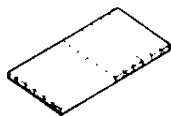
Entre 2 y 3 años, se utilizan en la elaboración de tableros de esterillas, latas y cables hechos con cintas de bambú.

¹¹ Vélez, Simón. “4.La *Guadua angustifolia*”, http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6130/06_ESD_Cos_pp_35_81.pdf;jsessionid=DB0B364A29B100AEE88DDC04E7F8626B.tdx2?sequence=6

Las cañas sazonadas son aquellas que tienen 3 o más años, se emplean en la construcción de todo tipo de estructuras y en la fabricación de pulpa y papel.

Entre 4 y 8 años se emplean en la elaboración de productos que van a ser sometidos a desgaste, por ejemplo baldosas para pisos.

Figura. 14 Usos de la Guadua Según la Edad.

EDAD:	30 DIAS	6 MESES	UN AÑO	DOS AÑOS	TRES AÑOS O MAS
	Alimento humano	Canastas y Paneles tejidos		Tableros de esterilla	Estructuras
					
	Deformación artificial para obtener bambúes de sección cuadrada			Latas	Baldosas laminadas
					

Fuente: (Lopez).¹²

2.7 PROCESO DE ALISTAMIENTO DE LA GUADUA

Para garantizar el buen desarrollo, la calidad y durabilidad de la guadua, se debe realizar un adecuado proceso:

➤ SILVICULTURA

Inicialmente se llevan las plántulas guadua a un vivero y así brindarle las mejores condiciones para su desarrollo, este debe estar muy cerca de la zona a donde se trasplantarán las plantas de manera q se minimicen los costos y riesgos por descuido; Luego de tener el terreno, se debe limpiar, desyerbar. La etapa de siembra debe ser planeada ya que requiere ser plantada en épocas de lluvia y tener en cuenta que la planta se propaga entre 3 y 4 meses.

¹² Hidalgo Lopez, Oscar. Estudios Técnicos Colombianos Ltda.- Editores, p.1

La guadua necesita un riego en la mañana y otro al final de la tarde para mantener la humedad optima; la fertilización del suelo se puede hacer con productos comerciales aunque se recomienda el uso de abonos orgánicos.

➤ **CORTE**

Esta actividad, se realiza con machete o sierra por encima del primer o segundo nudo arriba del suelo, es ideal efectuar esto cuando la planta este con un mínimo contenido de humedad, lo que equivale a hacerlo en época seca preferiblemente en la fase lunar menguante y en la madrugada antes de salir el sol; para uso estructural la guadua angustifolia deber tener entre 3 y 5 años de edad.

➤ **CURADO Y SECADO**

Es un tratamiento que brinda a la guadua mayor durabilidad y menor vulnerabilidad ante los insectos, el método más utilizado en Colombia por motivos económicos y de dificultad es el curado en la mata, consiste en eliminar gran contenido de agua azúcar y almidón de la guadua, otros métodos son el curado en tierra (colocar los tallos en una lechada de tierra arcillosa durante unas semanas) y el curado con humo (figura (en un horno se ahúman las cañas a baja temperatura entre 8 y 12 horas).

Figura. 15 Curado con Humo.



Fuente: (Minke)

Seguido se hace el secado para el que se conocen varios métodos como el secado en la mata (se dejan los culmos en posición vertical mínimo 4 semanas); secado con aire (se colocan los culmos en forma tripoidal al sol y al viento preferiblemente en un invernadero con cerramiento plástico).

Figura. 16 Secado al Aire Libre.



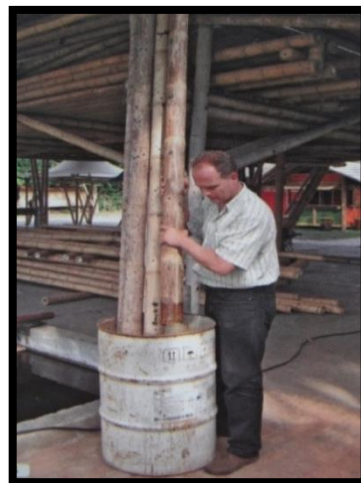
Fuente: (Minke)

Secado con microondas (se realiza con ondas electromagnéticas de alta frecuencia las cuales evaporan la humedad) finalmente dejando las cañas con humedad entre el 10 y el 15%.

➤ **PRESERVACIÓN**

Se busca inmunizar la guadua mediante varios métodos como lo son con el uso de la cal (funciona como insecticida por sub PH bajo), por inundación de entrenudos (se ponen las cañas verticalmente y se perforan los diafragmas de los nudos y se sumergen en el inmunizante). Ver Figura17.

Figura. 17 Inmunización por Inmersión.

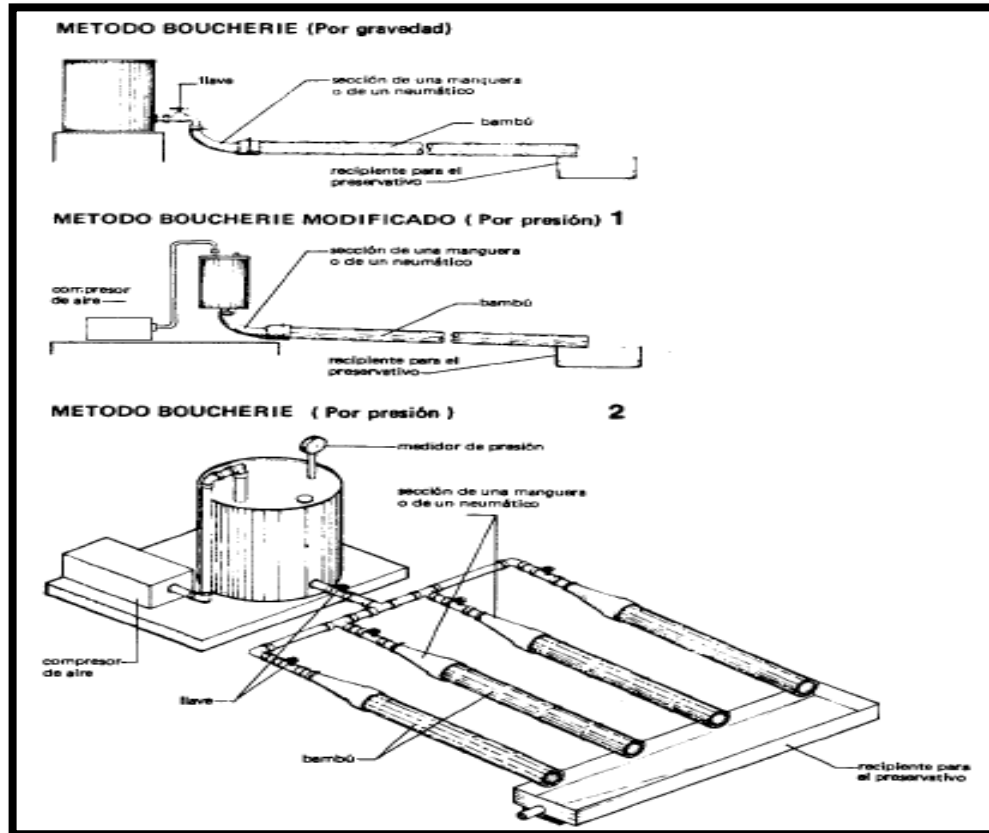


Fuente: (Minke)

Por inmersión (se inmerge en las cañas en un líquido insecticida a través de perforación longitudinal). Por inyección (se perforan todos los entrenudos y se

inyectan de 10 a 20 ml de inmunizante por cada entre nudo); por presión o Método de Boucherie (es más costoso que los anteriores métodos y consiste en poner el inmunizante longitudinalmente a través de los tejidos de la guadua). Ver Figura.18.

Figura. 18 Inmersión por Método de Boucherie.



Fuente: (Lopez)

➤ **ALMACENAMIENTO**

La guadua como material higroscópico y poroso absorbe agua constantemente por lo cual se debe mantener en condiciones adecuadas es decir, en un lugar cubierto, seco y con buena ventilación ya que si aumenta su contenido de agua hará disminuir sus propiedades mecánicas.

2.8 LA GUADUA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

La guadua tiene diferentes usos y uno es como material de construcción gracias a sus características mecánicas, su flexibilidad, su rápida propagación y crecimiento y la variedad de aplicaciones donde se puede utilizar.

2.8.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS ¹³

Todo material utilizado en la construcción, sin excepción, sea natural o producto elaborado por el hombre, tiene ventajas y desventajas, cualidades y defectos, que si no se tienen en cuenta al utilizarlos, pueden convertirse problemas de mantenimiento y no pocas veces obligan a su reparación y hasta a su reemplazo.

Con la Guadua ocurre algo muy similar, si no se tienen presentes sus exigencias, tales como: adecuada selección; corte oportuno; curado cuidadoso, que incluye su inmunización y tratamiento para su conservación; el uso de una carpintería adecuada, algo diferente a la que se utiliza para la madera, así como la aplicación de conocimientos elementales sobre sus propiedades mecánicas y físicas. En caso de ser bien utilizada, la Guadua es una fiel y noble compañera de sus usuarios; pero, en cambio, si se pretende utilizarla como cualquier madera, sin tener en cuenta sus exigencias propias, puede convertirse en motivo de preocupación para quien mal la utilice.

➤ **VENTAJAS**

Entre las ventajas que presenta la Guadua, merecen citarse las siguientes:

- El bambú como material de construcción es liviano y flexible lo que es benéfico para la estructura en términos de sismo-resistencia.
- Su resistencia a tracción es similar al acero en obra.
- Es amigable con el medio ambiente por su rápido crecimiento y su poca influencia negativa.
- En términos económicos es favorable por su fácil corte, transporte y almacenamiento.
- Por su morfología haciendo referencia a su composición de varios nudos que le brindan rigidez y elasticidad evitando su ruptura al curvarse.
- Además de su uso como elemento estructural, tiene otros usos, como tuberías de agua y líquidos para drenajes, para muebles, vallados y alambradas, posterío, puentes, cerramientos, etc.
- Puede combinarse con otros materiales de construcción tales como: madera, concreto, zinc, celulosa-cemento, barro, etc.
- De ella pueden obtenerse materiales para: mallas estructurales, esterillas, parqué, contra enchapados, etc.

¹³ Hidalgo Lopez, Oscar. Estudios Técnicos Colombianos Ltda.- Editores, p.6

➤ **DESVENTAJAS**

Como desventajas, deben citarse las siguientes:

- No es posible generalizar el comportamiento de esta planta debido a su variación entre especies de guadua o bambúes.
- El bambú es vulnerables ante los ataques de insectos y cambios climáticos, especialmente a la exposición al sol y a la lluvia.
- La poca frecuencia en que su tallo crezca totalmente derecho con constante diámetro y espesor
- La dificultad para realizar los cálculos estructurales por la falta de especificaciones en la normatividad.
- El aplastamiento en los puntos donde la guadua es sometida a compresión, para lo cual es recomendable rellenar estos puntos con mortero.
- Si no se utilizan los pernos de tamaño adecuado puede fracturar la guadua.

2.8.2 USOS DE LA GUADUA

➤ **GUADUA EN EDIFICACIONES**

Se ha construido con guadua viviendas, pabellones, iglesias, bibliotecas, restaurantes, etc. Su empleo más frecuente es como cubiertas livianas apoyadas en columnas hechas también con manojos de guadua atados y vinculados entre sí, empotrados en fundaciones de hormigón. Salvo el corte que se hace con maquinarias adecuadas, la construcción en guadua es totalmente artesanal y requiere mano de obra especializada en su manejo.

La guadua es especialmente apta para formar parte de sistemas constructivos integrales como lo muestra la figura 19, junto a otros materiales naturales razón por la cual es su empleo en la vivienda popular donde brinda mayores servicios, tanto en el aspecto constructivo, como en el social, laboral, cultural, etc.

Figura. 19 Casa Campestre – Chinauta.



Fuente: (Bambú)

➤ ***OTROS USOS***

Recientemente, la guadua es utilizada para hacer estructuras laminadas y otra aplicación importante por ser atractiva y sus posibilidades técnico-expresivas, es la construcción de puentes.

Figura. 20 Puente Santa Fe de Antioquia.



Fuente: (Bambú)

2.9 PROPIEDADES FISICAS DE LA GUADUA

Las propiedades físicas de la guadua dependen en mayor parte de las características medioambientales y del tratamiento que se le haya dado a la planta, a continuación se describen brevemente algunas propiedades físicas a tener en cuenta a la hora de seleccionar los elementos para construcción.

➤ ***CONTRACCION DURANTE EL SECADO***

La pérdida de agua en la caña hace que esta se contraiga entre 4 y 14% de longitud, mientras que en su diámetro se contrae del 3 al 12%. Para el caso de la guadua más utilizada en Colombia es decir, la Angustifolia Kunt la contracción esta entre el 3 y 10 %.

➤ ***RESISTENCIA A TRACCION***

El bambú en general tiene alta resistencia a tracción, soportando hasta 40 KN/cm². Hablando más específicamente de la Angustifolia se ha determinado que

para guaduas con 3.50 M de longitud, 10 cm de diámetro y espesor de 1.5 cm tienen una resistencia a tracción de 9.5 KN/cm² según lo muestran los ensayos elaborados por el laboratorio FMPA. Mientras que los resultados de unos ensayos realizados en Cali se obtuvo una resistencia de 12.17 a 20.68 KN/cm².

➤ ***RESISTENCIA A COMPRESION***

El mismo laboratorio alemán hizo ensayos a compresión de donde se obtuvo una resistencia entre 2.7 y 5.6 KN/cm² sin embargo, se realizaron otros estudios en Cali, Colombia y se obtuvo que la guadua tiene una resistencia entre 2740 y 23650 Kg/cm² que depende de la edad y altura del culmo.

➤ ***MODULO DE ELASTICIDAD***

En cuanto al módulo de elasticidad se conoce que tiene una reducción entre el 5 y el 10%, para la guadua Angustifolia con diámetro de 12cm sus módulos son: a compresión de 1.840 KN/cm²; a flexión de 1.790 KN/cm²; a tracción de 2.070 KN/cm². en comparación con los ensayos de Cali, el modulo a compresión es en promedio de 2150 KN/cm²

➤ ***RESISTENCIA A SISMOS***

Por su buena capacidad de absorber la energía, su flexibilidad y su bajo peso hacen que este material sea idóneo para construcciones sismo-resistentes ya que soportan movimientos de altas magnitudes, un ejemplo fue un proyecto de 20 casas que resistió un terremoto con magnitud de 7.5 en la escala de Richter y no falló.

3. PROYECTO DE ESTUDIO “CASA CAMPESTRE”

3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO

➤ DEPARTAMENTO: HUILA

Por la Ley 46 del 29 de abril de 1905, fue creado el Departamento del Huila, constituido por la provincia de Neiva y del Sur. El 15 de junio del mismo año inicio su vida independiente bajo la administración del doctor Rafael Puyo Perdomo.

➤ LOCALIZACIÓN

El departamento del Huila está localizado al suroccidente del país entre los 3°55'12" y 1°30'04" de latitud norte (entre el nacimiento del Rio Ricachón, municipio de Colombia y el pico de la Fragua, municipio de Acevedo), y los 74°25'24" y 76°35'16" de longitud al oeste del meridiano de Greenwich (entre el Alto de Las Oseras, municipio de Colombia y el páramo de Las Papas, municipio de San Agustín.)

➤ ÁREA

Según datos tomados del mapa físico-político de Colombia elaborado por el instituto Geográfico Agustín Codazzi, la superficie del Departamento es de 19.900 Km2 que representa tan solo un 1.8% de la superficie total del país. Comparada con la superficie de los demás departamentos, ocupa el 170 lugar, superando a Caldas, Atlántico, Quindío, Risaralda y Sucre.

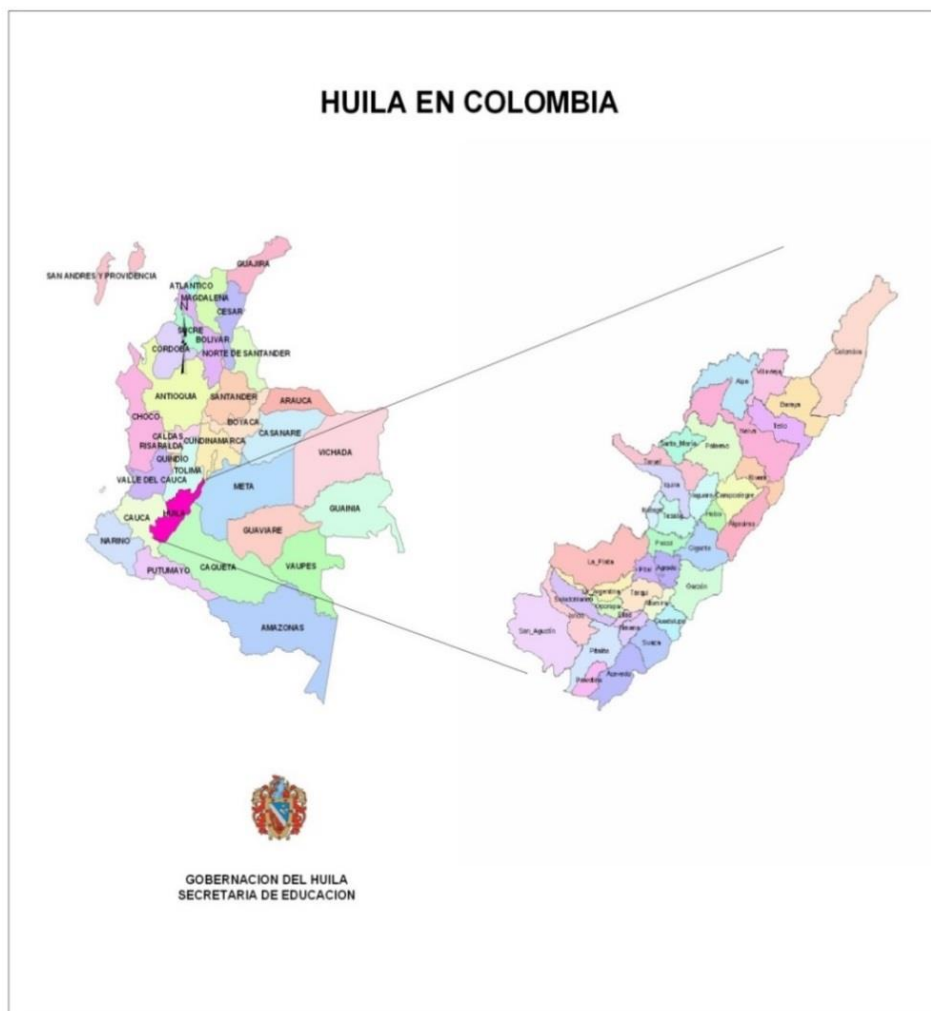
➤ LÍMITES

Al norte limita con los departamentos de Cundinamarca y el Tolima al sur con los de Cauca y Caquetá, al oriente con los departamentos de Meta y Caquetá, y hacia el Occidente con los de Cauca y Tolima

➤ CLIMA

La variación de temperatura en el departamento del Huila oscila entre 28° C experimentado en su parte más baja, especialmente en el valle de Neiva, extendiéndose hasta el extremo norte, atravesando toda la región semiárida de Yararaca (Tatacoa). En esta región se encuentran todos los climas y una gran variedad de suelos que facilitan la diversidad y extensión de la producción agrícola y ganadera; predomina el clima templado, con una temperatura media de 24 °C; como puntos extremos están las cumbres montañosas del Nevado del Huila, que forma parte del Parque Nacional Natural que lleva su mismo nombre, donde la temperatura permanece bajo 0 °C y las regiones cálidas de los valles de Neiva, Aipe y Villavieja, donde se encuentra el imponente desierto de La Tatacoa, con 35° C.

Figura. 21 Neiva en Huila, Colombia



Fuente: (Huila, 2014)

➤ **CIUDAD: NEIVA**

Neiva es la capital del departamento del Huila, en Colombia. Se ubicada entre la Cordillera Central y Oriental, en una planicie sobre la margen oriental del río Magdalena, en el valle del mismo nombre, cruzada por el río Las Ceibas y el Río del Oro.

Esta es una de las principales ciudades del sur colombiano, ya que es el puerto de conexión para las ciudades capitales de Florencia, Mocoa, Popayán y Pasto.

Pero Neiva no es solo el área urbana (la ciudad) sino un extenso territorio que va desde la cordillera Central hasta la cordillera Oriental. Dentro de sus límites hay otros centros poblados como son: Fortalecillas, La Mata, San Francisco, Peñas Blancas, San Jorge, Guacirco, Busiraco, al Norte; El Caguán, El Triunfo, San Bartolo, El Chapuro, al Sur; Vegalarga, San Antonio de Anaconia, Santa Helena, Motilón, Palacio, El Colegio, al Oriente; San Luis, Aipecito, Órganos, Chapinero, al Occidente. (Salas Ortiz, 1997).

La variable temperatura siempre guarda cierta relación con la precipitación, de manera que los meses más calurosos son aquellos en que la lluvia es menor, en especial agosto y septiembre, en los cuales la temperatura máxima sobrepasa en la zona urbana los 37°C y los meses más frescos son aquellos considerados como los meses más lluviosos, sobresaliendo abril, noviembre y diciembre, siendo la temperatura máxima oscilante entre los 28° C y los 30° C.

Tabla 1 Información General de Neiva

Nit	891180009-1
Código Dane	41001
Gentilicio	Neivanos
Población	352.859 hab.DANE(2005)
Ubicación	Latitud 2°59'55 N Longitud 75°18'16 O
Altitud	442 msnm
Superficie	1553 km²

Fuente: (wikipedia, s.f.)

3.2. DESCRIPCION DEL PROYECTO “CASA CAMPESTRE”

Este proyecto de construcción nace de una petición de una persona natural, la cual necesitaba una propuesta de una casa campestre a las afueras de la ciudad de Neiva, la señora cuenta con los terrenos y la solvencia económica.

La casa cuenta con un área construida en el primer nivel de 89.77m² y en el segundo nivel de 88.39m², contiene 4 alcobas, dos en cada nivel en el segundo piso cada alcoba con su balcón, dos baños, y una ducha para acceso a la piscina, cuenta con un tanque de reserva, una sala comedor, una cocina, una zona de lavandería y zona de parqueaderos.

Se presentó la propuesta con un requerimiento principal que la casa fuese construida en base a la guadua. (Anexos planos estructurales, arquitectónicos)

3.3. PREDIMENSIONAMIENTO

Para obtener el predimensionamiento de la casa campestre se siguen las especificaciones que sugiere la Norma en el título E que establece el diseño de viviendas de una y dos plantas.

3.3.1. GENERALIDADES

➤ ALCANCE

La Presente Memoria establece los requisitos para la construcción sismo resistente de una vivienda de dos pisos en donde su material principal es la Guadua Angustifolia Kunt y Bahareque encementado. En esta, se establecen las condiciones estructurales que permitan un funcionamiento adecuado de la vivienda ante cargas laterales y verticales en la ciudad de Neiva - Huila.

De acuerdo con lo establecido en la Norma Sismo-Resistente de 2010 NSR-10 Título E se definen los siguientes requisitos mínimos a seguir en el diseño y construcción de viviendas de dos plantas las cuales según esta normatividad pertenecen al grupo I como se define en A.2.5.1.4 y con un máximo de 15 viviendas con área construida menor a 3000 M² como dice en A.1.3.11.

3.3.2. CRITERIOS BÁSICOS DE PLANEAMIENTO ESTRUCTURAL

El buen comportamiento sísmico de una edificación de dos pisos depende, en gran parte, de que en su planeamiento estructural razón por la cual se debe tener en cuenta:

➤ **SISTEMA DE RESISTENCIA SÍSMICA**

El sistema de resistencia sísmica para la casa debe garantizar un comportamiento adecuado ante cargas verticales y horizontales. Para esto se aplican los siguientes mecanismos:

➤ “Un conjunto de muros estructurales dispuestos de tal manera que provean suficiente resistencia ante los efectos sísmicos horizontales en las dos direcciones principales en planta, teniendo en cuenta sólo la rigidez longitudinal de cada muro. Los muros estructurales sirven para resistir las fuerzas laterales paralelas a su propio plano, desde el nivel donde se generan hasta la cimentación las cargas verticales debidas a la cubierta y a los entrepisos si los hay y su propio peso.” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

NOTA: para cumplir con este requisito se siguen las recomendaciones que plantea la NSR-10 en E.7 que enfatiza en el diseño de muros en bahareque encementado.

➤ “Un sistema de cimentación que transmita al suelo las cargas derivadas de la función estructural de cada muro. El sistema de cimentación debe tener una rigidez apropiada, de manera que se prevengan asentamientos diferenciales inconvenientes.” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

NOTA: el diseño del sistema de cimentación se realiza aplicando E.2 de la NSR-10.

3.3.3. DISPOSICIÓN DE MUROS ESTRUCTURALES

“Debido a que los muros individualmente resisten principalmente las cargas laterales paralelas a su plano, es necesaria la colocación de muros en dos direcciones ortogonales, o aproximadamente ortogonales, en planta. La longitud de los muros en las dos direcciones debe ser aproximadamente igual.” (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, E.1.3.2)

NOTA: los muros se ubicaron de la mejor manera para cumplir con este requisito, sin embargo no siempre es posible lograr la ortogonalidad.

3.3.4. SIMETRÍA

“Con el fin de evitar torsiones de toda la edificación, ésta debe tener una planta lo más simétrica posible. La edificación como un todo y los módulos que la conforman, deberán ser simétricos con respecto a sus ejes. Su verificación re

realiza mediante la ecuación E.7.8-2, porque son elaborados en bahareque encementado.” (Asociacion Colombianna de Ingenieria Sismica, 2010, E.1.3.3)

NOTA: no fue posible cumplir con este aspecto debido a las exigencias arquitectónicas del propietario del proyecto.

3.3.5. INTEGRIDAD ESTRUCTURAL

El buen desempeño conjunto de muros depende de la continuidad vertical de los muros estructurales y de la regularidad de la estructura, tanto en planta como en altura. Por esta razón se tiene en cuenta:

“La continuidad vertical: Para considerar un muro como muro estructural, éste debe estar anclado a la cimentación. Cada muro estructural debe ser continuo entre la cimentación y el diafragma inmediatamente superior, es decir el entrepiso o la cubierta.” (Asociacion Colombianna de Ingenieria Sismica, 2010, E.1.3.4.1.1)

NOTA: en este proyecto se tienen uno elementos verticales que están anclados a la cimentación y la cubierta de la segunda planta.

“La regularidad en planta: Según el Diseño Planteado Existe regularidad geométrica en planta. Para ello verificamos que se cumplan las limitaciones establecidas en la figura A.3-1, para las irregularidades 2P y 3P y para evitar cualquier otra forma de irregularidad en planta.” (Asociacion Colombianna de Ingenieria Sismica, 2010, E.1.3.4.1.2)

NOTA: este ítem no es aplicable debido a la rigidez de la norma en cuento a las diferentes formas geométricas, es decir, la NSR-10 está enfocada en el diseño de estructuras con formas regulares (cuadradas y rectangulares).

“La regularidad en altura: Deben evitarse las irregularidades geométricas en alzado. Para ello verificamos que se cumplan las limitaciones establecidas en la figura A.3-2, para las irregularidades 3A y evitarse cualquier otra forma de irregularidad en altura.” (Asociacion Colombianna de Ingenieria Sismica, 2010, E.1.3.4.1.3)

NOTA: al verificar este tipo de regularidad se tiene que los retrocesos para balcones cumplen con lo establecido en la figura A.3-2 tipo 3ª.

- Juntas sísmicas:
- (a) cuando la relación de longitud- ancho en planta es superior 3:1
- (b) cuando el terreno tiene pendientes superiores al 30%.

- (c) cuando las casas son seriadas medianeras y colinden con otros materiales como el concreto, etc.
- (d) Cuando son casas construidas independientemente.

NOTA: en el proyecto no se requieren juntas sísmicas ya que no presenta ninguno de los casos anteriormente definidos.

3.3.6. PESO DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN

Las fuerzas que genera el sismo son fuerzas inerciales y por lo tanto, mientras mayor sea la masa, mayor será la fuerza generada.

NOTA: teniendo en cuenta esta recomendación el tanque de almacenamiento de agua se ubicara en la zona de servicio o baterías sanitarias.

3.3.7. CIMENTACIONES

En el Diseño Planteado se cumplieron los siguientes requisitos mínimos, los cuales quedaron consignados en un Memorial de Responsabilidad suscrito por el ingeniero a cargo como responsable de la licencia de construcción:

- a) No se verifico el comportamiento de casas similares en las zonas aledañas constatando que no se presenten asentamientos diferenciales, agrietamientos, pérdida de verticalidad, compresibilidad excesiva, expansibilidad de intermedia a alta, colapsibilidad, etc., ya que el lugar no tiene vecindades con alguna casa que permita concluir que el comportamiento de las casas similares ha sido el adecuado
- b) Se verifico en inmediaciones del sector a intervenir la ausencia de procesos de remoción en masa, áreas de actividad minera activa, en recuperación o suspendida, erosión, cuerpos de aguas u otros que puedan afectar la estabilidad y funcionalidad de las casas.
- c) Se realizaron apiques en los puntos donde se ubicarían los apoyos de la cimentación al iniciar la obra.
- d) En los apiques indicados en (c) deberán quedar determinados los espesores de los materiales inconvenientes para el apoyo directo y superficial de la cimentación, como son: descapote, escombros, materia orgánica, etc., los cuales deberán ser retirados durante la construcción. En este caso se encontró material de relleno de baja calidad razón por la cual se tomó la decisión de colocar columnetas de concreto reforzado.

NOTA: En caso de que los resultados de la investigación mínima indiquen condiciones inadecuadas para la estabilidad del proyecto, se deberán realizar los estudios geotécnicos indicados en el numeral E.2.1.2.

➤ ***ESTUDIO GEOTÉCNICO***

La norma establece que se realicen los ensayos allí definidos de manera obligatoria si la zona presenta condiciones inadecuadas para el proyecto, de lo contrario hacer unos apiques de reconocimiento del suelo es suficiente.

NOTA: los estudios geotécnicos no se realizaron ya que la Norma Establece que no es Necesario, por ser Viviendas de Uno o Dos Pisos.

➤ ***LIMPIEZA DEL TERRENO***

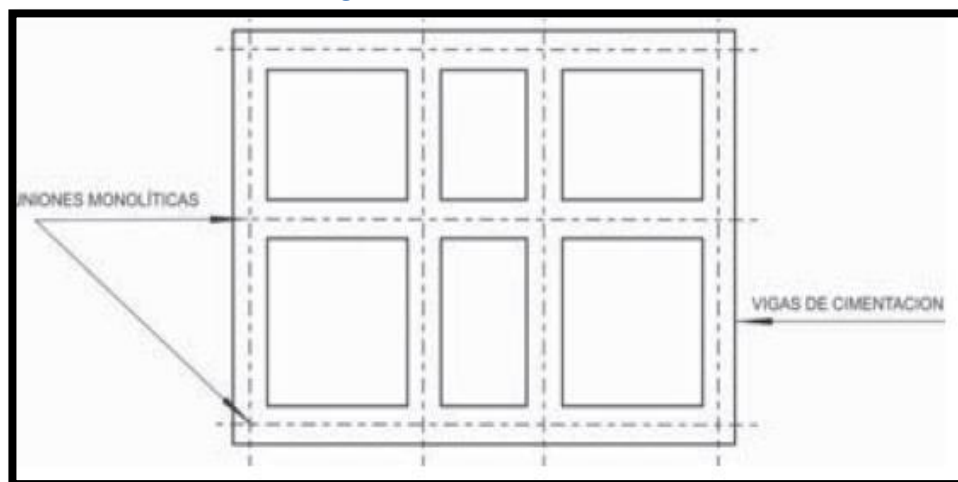
El terreno debe limpiarse de todo material orgánico y deben realizarse los drenajes necesarios para asegurar una mínima incidencia de la humedad.

➤ ***SISTEMA DE CIMENTACIÓN***

La cimentación está compuesta por un sistema reticular de vigas que configuran anillos aproximadamente rectangulares en planta, como se ilustra en la figura 22.

NOTA: se diseñan las vigas de cimentación para cada muro estructural garantizando que las cargas transmitidas sean uniformes y no quede ningún elemento de cimentación discontinuo.

Figura. 22 Sistema Reticular de Vigas.



Fuente: (Asociacion Colombianna de Ingenieria Sismica, 2010)

➤ CONFIGURACIÓN EN PLANTA

En caso que uno de los anillos del sistema de cimentación tenga una relación largo sobre ancho mayor que 2, o si sus dimensiones interiores son mayores de 4,0 m, se requiere de una viga intermedia de cimentación con las dimensiones especificadas en la norma.

NOTA: Las vigas de cimentación deben tener refuerzo longitudinal superior e inferior y estribos de confinamiento en toda su longitud con las dimensiones y especificaciones que se muestran en la Tabla E.2.2-1 de la NSR-10

Tabla 2 Valores Mínimos para Cimentaciones

	Sistema Estructural	Un piso	Dos Pisos	Resistencia Mínima, MP _a	
Anchura	Mampostería	250 mm	300 mm	f_y	f_c
	Bahareque	200 mm	250 mm		
Altura	Mampostería	200 mm	300 mm	420	17
	Bahareque	150 mm	200 mm		
Acero Longitudinal		4 No. 3 (Ø 10M)	4 No. 4 (Ø 12M)	240	
Estribos		No. 2 a 200 mm	No. 2 a 200 mm	412	
Acero para anclaje de muros	Mampostería	No. 3	No. 3	412	PDF*
	Bahareque	No. 3	No. 4		

Fuente: (Asociacion Colombianna de Ingenieria Sismica, 2010)

NOTA: en algunas zonas fue necesario construir debajo de la viga de cimentación una columnetas en suelo resistente ya que los propietarios del terreno hicieron un relleno con material de baja calidad.

Figura. 23 Columnetas.



Fuente: Autores.

La losa de contrapiso se aislara lateralmente del sobrecimiento sobre el que se apoyan los muros, no debe conectarse estructuralmente con la estructura de cimentación y en ningún caso debe considerarse como parte integral de la cimentación.

3.3.8. INSTALACIONES HIDROSANITARIAS

En cuanto a las instalaciones hidrosanitarias deben ir por encima de la malla estructural de cimentación, a través del sobrecimiento o por debajo de la malla de cimentación, caso en el cual la distancia vertical entre el fondo de la malla y el borde superior de la tubería debe ser mayor de 100 mm. Pero nunca pueden empotrarse en las vigas de cimentación.

3.3.9. BAHAREQUE ENCEMENTADO

Este capítulo brinda las indicaciones a tener en cuenta para el diseño de viviendas de una y dos plantas en bahareque encementado, lo cual consiste en un sistema estructural cuyo esqueleto es en guadua o madera cubierto con revoque de mortero sobre una malla de alambre calvada en esterilla de guadua.

El bahareque en cementado está constituido por:

➤ ***ENTRAMADO***

El entramado está constituido por dos vigas soleras o elementos horizontales, inferiores y superiores, y pie-derechos o elementos verticales, conectados entre sí con clavos o tornillos.

NOTA: El entramado de la casa está constituido por vigas soleras superior e inferior, pies derechos y elementos diagonales todos en guadua

➤ ***RECUBRIMIENTO***

El recubrimiento se fabrica con mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre, como se indica en E.7.4.5.

NOTA: primero se clava la esterilla al entramado y sobre esta se clava la malla de alambre tipo pajarito y finalmente se recubre con mortero.

3.3.10. CALIDAD DE LOS MATERIALES

➤ ***GUADUA***

La guadua adecuada debe presentarse en estado maduro, tener una humedad entre el 10 y el 20% por lo cual no puede estar expuesta si al sol ni al agua, estar inmunizada contra ataques de insectos.

NOTA: Las condiciones de la guadua a comprar para este proyecto se dejarán consignados en los planos estructurales.

➤ ***MORTERO***

La calidad del mortero de cemento para el revoque de muros y para el relleno de cañutos se regirá por D.3.4. La clasificación mínima requerida será la correspondiente al mortero tipo N.

NOTA: el mortero utilizado es el tipo N cuya resistencia es 7.5 MPa en una relación 4:1 (4 partes de arena por una parte de cementante.)

➤ ***CONCRETO Y ACERO DE REFUERZO***

Las calidades del concreto y de las armaduras para las cimentaciones, se regirán por lo establecido en el capítulo C.3 de la NSR 2010,

➤ **MALLAS DE REFUERZO DEL REVOQUE**

Se pueden utilizar cualquiera de los siguientes tipos de malla:

- a) Malla de alambre trenzado con diámetro 1.25mm, calibre 18.
- b) Malla de alambre electrosoldada diámetro 1.25mm, calibre 18
- c) Malla de revoque de lámina metálica con o sin vena estructural.

NOTA: se utilizara malla de alambre trenzado tipo pajarito cuya apertura hexagonal es menor a 25.4mm. El uso de la malla no exime el uso de la esterilla como lo dice la ley 400 de 1997.

3.3.11. CLASIFICACIÓN DE MUROS

La norma platea tres tipos de muros: los muros estructurales con diagonales (vigas soleras, pies derechos, elementos inclinados y recubrimiento de mortero de cemento), muros estructurales sin diagonales (vigas soleras, pies derechos y recubrimiento de mortero de cemento), muros no estructurales (son muros divisorios)

NOTA: Los muros de la vivienda son estructurales con diagonales los cuales están compuestos por solera inferior, solera superior, pie-derechos, elementos inclinados y recubrimiento con base en mortero de cemento, colocado sobre malla de alambre, clavada sobre esterilla de guadua. Estos muros reciben cargas verticales y resisten fuerzas horizontales de sismo o viento motivo por el cual deben colocarse en las esquinas de la construcción y en los extremos de cada conjunto de muros estructurales.

3.3.12. COMPOSICIÓN DE MUROS

Los muros de bahareque en cementado deberán estar compuestos de un entramado de guaduas con diámetro mayor a 80mm, constituido por elementos horizontales (soleras), elementos verticales (pie-derechos) con separación entre 300 y 600mm y recubrimiento de mortero de cemento .

La sección de las soleras tendrá un ancho mínimo igual al diámetro de las guaduas usadas como pies- derechos y una altura no menor de 100 mm.

Los muros de bahareque en cementado podrán tener recubrimiento por ambos lados. Si no es posible, la longitud efectiva del muro con recubrimiento por un solo lado debe considerarse como la mitad de su longitud total real, para efectos de los requerimientos especificados en E.7.8.1 y E.7.8.2 de la NSR 2010.

3.3.13. DIAFRAGMAS

Las soleras deben conformar conjuntamente con los entrepisos y la estructura de la cubierta un diafragma que traslade las cargas horizontales a los muros estructurales.

Deben colocarse tirantes y cuadrantes en el nivel de solera superior a Nivel de Cubierta, para garantizar el efecto de diafragma. Los cuadrantes son suficientes ya que los espacios rectangulares entre muros no superan relaciones de 1,5 sobre 1 entre lado mayor y lado menor. Para relaciones mayores, deben colocarse tirantes que dividan los espacios rectangulares en espacios con relaciones menores de 1,5 sobre 1.

3.3.14. LONGITUD DE MUROS EN CADA DIRECCIÓN

Para resistir las fuerzas sísmicas en el intervalo inelástico, los muros estructurales en cada dirección principal deben cumplir con las siguientes condiciones:

➤ **LONGITUD MÍNIMA**

La longitud de muros en cada dirección debe satisfacer la ecuación E.7.8-1

$$L_i > C_g * A_p \quad (E.7.8-1)$$

En donde:

L_i = longitud mínima total de muros continuos (en m), sin aberturas, en la dirección
 C_g = coeficiente (en m⁻¹), especificado en la tabla E.7.8-1, en función de la aceleración espectral A_a para el sitio donde se realice la construcción, de acuerdo con A.2.3.

A_p = área de la cubierta (en m²), para viviendas de un piso, o para los muros del segundo piso en viviendas de dos pisos. (Puede sustituirse por $2/3 A_p$ si se utilizan materiales livianos para la cubierta, tales como fibrocemento o láminas metálicas, sin base de mortero) área del entrepiso más área de la cubierta (en m²), para los muros del primer piso en viviendas de dos pisos

Tabla 3 Valores Coeficiente de Densidad C_B

Amenaza Sísmica	A _a	C _B
Alta	0,40	0,32
	0,35	0,28
	0,30	0,24
	0,25	0,20
Intermedia	0,20	0,18
	0,15	0,16
Baja	0,10	0,16
	0,05	0,16

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Tabla E.8-1)

Dónde:

A_a = 0,25 (por la ubicación Zona de amenaza sísmica Alta) Neiva – Huila.

$$L_i > C_g * A_p$$

$$L_i > 0,20 * \frac{2}{3} * 240,45 M^2$$

$$36,38 M > 32,06 M$$

3.3.15. DISTRIBUCIÓN SIMÉTRICA DE MUROS

Los muros deben estar distribuidos de manera aproximadamente simétrica. Por lo tanto, debe cumplirse con la ecuación E.7.8-2, tomada en su valor absoluto:

$$\left| \frac{\left[\frac{\sum (L_{mi} b)}{\sum L_{mi}} - \frac{B}{2} \right]}{B} \right| \leq 0.15 \quad (E.7.8-2)$$

Dónde:

L_{mi} = longitud de cada muro (en m) en la dirección i

b = la distancia perpendicular (en m) desde cada muro en la dirección i, hasta un extremo del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso

B = longitud del lado (en m), perpendicular a la dirección i, del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entrepiso

NOTA: El proyecto no cumple con este apartado debido al diseño arquitectónico, el cual no cumple con la regularidad que maneja la norma.

3.3.16. ENCHAPES PARA MUROS

En baños, debe enchaparse completamente la zona húmeda, para lo cual se recomienda colocar el enchape pegado con mortero impermeable.

3.3.17. COLUMNAS DE GUADUA

Las columnas son elementos estructurales proporcionados para resistir cargas verticales, en forma aislada o en combinación con los muros estructurales. Las columnas no deben considerarse componentes del sistema de resistencia sísmica en viviendas en bahareque en cementado.

➤ UBICACIÓN Y DISEÑO DE COLUMNAS

Las columnas se localizan en los puntos donde la magnitud o la posición de las cargas verticales transmitidas por cubiertas o entrepisos exceden la capacidad de los muros estructurales, o donde no se dispone de estos, como es el caso de galerías abiertas, corredores y aleros.

NOTA: Debido a que el Tipo de Cubierta Seleccionado es Teja Terrabella cuyo peso por M² es de 4,9 Kg/M², y que no excede la capacidad de los Muros Estructurales, no es necesario la ubicación de Columnas Adicionales al Sistema Estructural.

➤ NUMERO DE GUADUAS

El número de guadas necesario para cada columna se estima con la siguiente tabla:

Tabla 4 Cargas Admisibles en Columnas.

Altura (m)	Número de guadas			
	1	2	3	4
1.0	43.1	86.2	129.3	172.4
1.5	38.6	77.2	115.8	154.4
2.0	34.1	68.2	102.3	136.4
2.5	29.7	59.4	88.1	117.8
3.0	25.6	51.2	76.8	102.4
3.5	21.6	43.2	64.8	86.4
4.0	18.0	36.0	54.0	72.0

* Para guadas de más de 100 mm de diámetro y 10 mm de espesor de pared

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

NOTA: en la primer planta se tienen varias alturas de columnas debido a desniveles del suelo, sin embargo la mayoría son de 3.0 M; mientras que en el segundo nivel la altura de las columnas es de 2.50 M.

3.3.18. ENTREPISO Y UNIONES EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

➤ **ENTREPISO**

Como el entrepiso debe soportar cargas verticales debe ser rígido para garantizar su trabajo como diafragma. Para viviendas en bahareque no se permite que sean en losa de concreto.

Tabla 5 Secciones requeridas para Entrepisos.

Luz (m)	Espaciamento S (m)			
	0.25	0.5	0.75	1.00
2.0	1 guadua	2 guadas V	2 guadas V	2 guadas V
2.5	2 guadas V	2 guadas V	2 guadas V	2 guadas V
3.0	2 guadas V	2 guadas V	3 guadas V	3 guadas V
3.5	2 guadas V	3 guadas V	3 guadas V	3 guadas V
4.0	2 guadas V	3 guadas V	3 guadas V	—
4.5	3 guadas V	3 guadas V	—	—

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Tabla E.8-2)

NOTA: Para los entrepisos se ubicaran guadas dobles zunchadas verticalmente con separación de 0.60m y en los puntos donde se unen se deben rellenar de mortero para evitar el aplastamiento;

➤ **UNIONES**

La norma indica que todos los miembros y elementos estructurales deberán estar anclados, arriostrados, empalmados e instalados de manera que se garantice la resistencia y rigidez necesaria para las cargas aplicadas.

Algunas uniones entre elementos constitutivos con muros de bahareque en cemento son:

Según el material de conexión:

Uniones clavadas (guada - madera; temporal); uniones Pernadas (guada – Pernadas, en uniones a compresión, requiere la perforación de la guada y relleno en mortero); uniones zunchadas (conexiones articuladas, resistente a tracción máximo 10 KN)

NOTA: se utilizan uniones pernadas ya que la vivienda se construirá en guadua, las perforaciones son hechas con taladro de alta velocidad, se rellena con mortero de cemento en relación 1:4, la varilla a utilizar tiene diámetro de 3/8”.

Según su función:

Unión cimiento – muro (fijación de los pies derechos a la cimentación).

Unión columna – cimiento (la columna de guadua se apoya en un separador impermeable que transmita las fuerzas a tracción).

Unión columna – cubierta (las columnas se unen a las vigas soleras superiores mediante un elemento que haga contacto completo con la carrera).

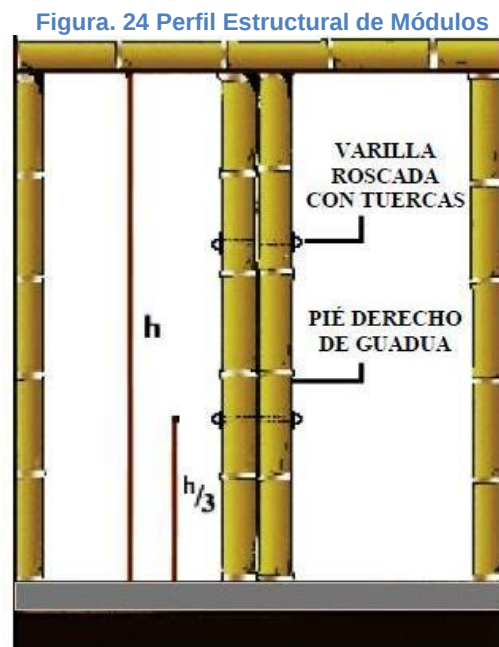
Unión entre muros (cuando son muros en un mismo plano se unen con pernos, tuercas y arandelas, siendo mínimo dos conexiones por unión; cuando son muros en planos perpendiculares, se hace con pernos, tuercas y arandelas directamente en una sola dirección o en juntas direcciones).

Unión entre muros – cubierta (se conectan las correas con los pies derechos mediante un perno embebido dentro del ultimo cañuto completo del extremo superior del pie derecho, atravesando la solera y la correa y se rellena con mortero, en caso de que los muros sean fabricados en paneles deben ser unidos por un elemento continuo; las tejas se amarran a las correas en conjunto; si los aleros tienen más de 500mm requieren un apoyo inclinado o pie de amigo).

NOTA:

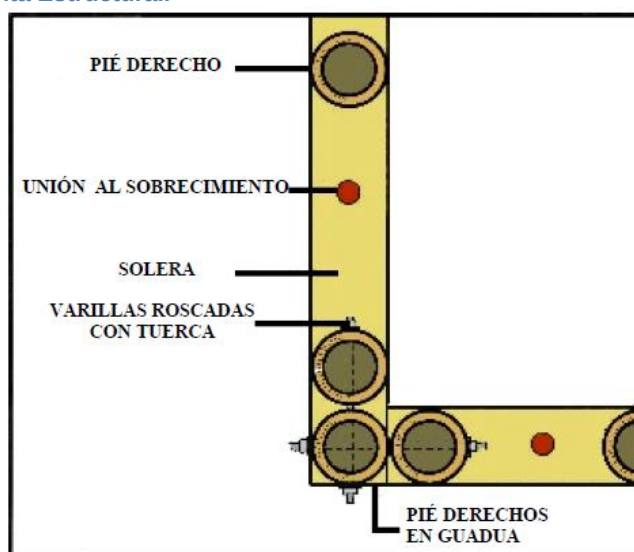
- Para la casa la unión cimiento – muro, se une las vigas soleras a la viga de cimentación fijando los pies derechos como se establece en el detalle de los planos.
- En cuanto a la unión de columna – cimiento, no se contempla Ningún tipo de Separador debido a que la cimentación será el portante de los esfuerzos emitidos por los muros como se ilustra en los detalles constructivos.
- Para la unión columna – cubierta al igual que la unión entre muros se siguen las recomendaciones de la NSR-10.
- La unión entre muros y cubierta, se amarran los pies derechos a las correas como se dijo anteriormente, no fue necesario el

uso de los pies amigos ya que el alero no supera los 500mm.



Fuente: (Asociación Colombiana de Ing. Sismica)

Figura. 25 Planta Estructural.



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica)

3.3.19. CUBIERTAS PARA CONSTRUCCIÓN EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

Los elementos portantes de la cubierta deben conformar un conjunto estable para cargas verticales y laterales.

➤ COMPOSICIÓN DE CUBIERTA Y SUS CONEXIONES

Las correas y demás elementos que transmitan las cargas de cubierta a los muros estructurales deberán fijarse entre sí y conectarse con la solera superior. Los cañutos en contacto directo con el muro deben rellenarse con mortero de cemento.

Tabla 6 Secciones para Cubiertas con Correas de Guadua.

Luz (m)	Espaciamento S (m)					
	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
2.0	1 guadua	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V
2.5	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	3 guaduas V
3.0	2 guaduas V	2 guaduas V	2 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V
3.5	2 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V
4.0	2 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	—	—
4.5	3 guaduas V	3 guaduas V	3 guaduas V	—	—	—

*Para una carga muerta de 1.25 kN/m² y una carga viva de 0.5 kN/m²

* Guaduas de 110mm de diámetro mínimo y 10 mm de espesor de pared mínimo

V= guaduas dispuestas en arreglo vertical

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Tabla E.9.2-1)

NOTA: de acuerdo a la tabla E.9.2-1 el número de guaduas para las correas depende de la luz lo cual indica que se deben usar una guadua doble vertical con separación de 0.50m, pero por criterio se decidió utilizar una guadua simple con separación menor.

➤ **MATERIALES DE CUBIERTA**

Los materiales utilizados para el cierre de la cubierta Son Teja Terrabella, que garantiza la impermeabilidad necesaria para proteger la guadua de la condiciones ambientales como la humedad.

➤ **CIELO-RASO**

Por ser una estructura en guadua, se recomienda que el cielo raso sea en materiales livianos y permitir la ventilación de los demás elementos.

NOTA: se ha contemplado el uso del Machimbre de 8 mm o del Icopor y anclarlos a la estructura de la cubierta; en caso contrario se debe construir un cerramiento perimetral a nivel de cubierta con angeo fino para contrarrestar la entrada de animales.

3.4. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO ESTRUCTURAL

➤ **MODELO MATEMÁTICO PARA REALIZAR EL ANÁLISIS**

Para el análisis estructural se utilizará el modelo de muros estructurales en voladizo empotrados en la base y arriostrados lateralmente por los diafragmas de entrepiso y de cubierta.

3.4.1 COMBINACIONES DE CARGAS

El sistema de muros de bahareque en cementado se diseñó con las cargas combinadas especificadas en B.2.3. Para el método de esfuerzos admisibles estudiado en este trabajo las combinaciones de carga serian:

- | | |
|-------------------|--------------------------------|
| 1. D+L | 9. D-0,7Ex |
| 2. D+Lr | 10. D-0,7Ey |
| 3. D+Le | 11. D+0,75W+0,75L+0,75Lr |
| 4. D+0,75L+0,75Lr | 12. D+0,75W+0,75L+0,75Le |
| 5. D+0,75L+0,75Le | 13. D+0,75(0,7Ex)+0,75L+0,75Lr |
| 6. D+W | 14. D+0,75(0,7Ey)+0,75L+0,75Lr |
| 7. D+0,7Ex | 15. D+0,75(0,7Ex)+0,75L+0,75Le |
| 8. D+0,7Ey | 16. D+0,75(0,7Ey)+0,75L+0,75Le |

17. $D-0,75(0,7Ex)+0,75L+0,75Lr$	22. $0,6D+0,7Ex$
18. $D-0,75(0,7Ey)+0,75L+0,75Lr$	23. $0,6D-0,7Ex$
19. $D-0,75(0,7Ex)+0,75L+0,75Le$	24. $0,6D+0,7Ey$
20. $D-0,75(0,7Ey)+0,75L+0,75Le$	25. $0,6D-0,7Ey$
21. $0,6D+W$	26. Envolverte

Donde;

D: carga muerta

L: carga viva

Lr: carga viva sobre la cubierta

Le: carga por empozamiento

G: Granizo (en este caso no se tubo encuesta por la zona).

E: Fuerza sismica

➤ **AVALUO DE CARGAS MUERTAS (CM)**

Las cargas muertas son aquellas que están aplicadas sobre la edificación que incluye el peso de la misma más la de los elementos permanentes, también llamada carga permanente.

AVALÚO DE CARGAS PARA ENTRE PISO

- Peso de la placa:
 - ✓ Eterboard = $0,18\text{KN/m}^2$
 - ✓ Guadua = $(3,5*2)/101,97= 0,1 \text{ KN/m}^2$
 - ✓ Esterilla = $0,084\text{KN/m}^2$
 - ✓ Vinilo = $0,05\text{KN/m}^2$
 - ✓ Polín = $(2*1,045)/101,97=0,0205 \text{ KN/m}^2$

$$\Sigma = 0,4345 \text{ KN/m}^2$$

- Peso guadua: $3,5\text{Kg/m}^2 * 2= 7\text{kg/m}^2= 0,07\text{KN/m}^2$
- Peso de malla electro-soldada:

Es entregada en medidas standard en $6* 2.35\text{mts}$. En la referencia M084 el peso es de $18,81\text{kg}$ por lo tanto, $(18,81/(6*2,35))/101,97=0,013 \text{ KN/m}^2$

- Peso muro divisorio interno en bahareque:
 - ✓ Guadua = $0,034 \text{ KN/m}^2$
 - ✓ Esterilla = $0,084 \text{ KN/m}^2$
 - ✓ Mortero = $0,44 \text{ KN/m}^2$
 - ✓ Malla = $0,0021\text{KN/m}^2$

$$\Sigma = 0,5601 \text{ KN/m}^2$$

- Peso instalaciones: $0,01 \times 9,964 = 0,1 \text{ KN/m}^2$

$$\underline{\Sigma \text{ PLACA ENTREPISO} = 1,1776 \text{ KN/M}^2}$$

AVALÚO DE CARGAS PARA LA ESCALERA EN CARACOL

- Peso de un escalón:

$$\text{AREA (HUELLA+CONTRAHUELLA): } 0,27\text{mt}^2 + 0,1925\text{mt}^2 = 0,4625\text{mt}^2$$

- ✓ Peso Eterboard (e= 0.02mt.) = 0.18 KN/mt^2
 $0,02 \times 0,4625 \times 0,18 = 0,001665 \text{ KN/mt}^2$
- ✓ Peso Esterilla (e=0.01mt.) = $0,084 \text{ KN/mt}^2$
 $0,01 \times 0,4625 \times 0,084 = 0,00039 \text{ KN/mt}^2$
- ✓ Peso Vinilo = $0,05 \text{ KN/mt}^2$
 $0,05 \times 0,4625 = 0,023125 \text{ KN/mt}^2$
- ✓ Peso Guadua = $0,034 \text{ KN/mt}^2$
 $0,088 + 1,1 + 0,41 = 1,598\text{mt}$
 $1,598 \times 0,034 = 0,055 \text{ KN/mt}^2$

$$\Sigma = 0,098675 \text{ KN/mt}^2$$

- Peso Total escalones:

CONTRAHUELLA	0,175
ESCALON	ALTURA
1	0,175
2	0,350
3	0,525
4	0,700
5	0,875
6	1,050
7	1,225
8	1,400
9	1,575
10	1,750
11	1,925
12	2,100
13	2,275
14	2,450
15	2,625
16	2,800
SUMATORIA	23,800
TOTAL (3 PARALES)	71,4

AREA (espacio escalera): $6,16\text{m}^2$

$$6,16/71,4=0,0863 \text{ ml/mt}^2$$

$$0,0863*0,034=0,00296\text{KN/mt}^2$$

$$\Sigma_{(16 \text{ escalones})} = 0,098675*16=1,5788$$

✓ $\text{Peso Guadua} = 0,034 \text{ KN/mt}^2$

$$\underline{\Sigma \text{ ESCALERA CARACOL} = 1,582 \text{ KN/m}^2}$$

La escalera fue modelada en el software SAP2000 cuyas imágenes se pueden ver en anexos digitales.

AVALÚO DE CARGAS PARA LA CUBIERTA

- Peso de la Teja termoacústica Trapezoidal: $0,04118 \text{ KN/m}^2$
- Peso guadua: 2 correas+ 1alfarda= $3*(3,5\text{Kg/m}^2/101,97)= 0,103\text{KN/m}^2$
- Peso de esterilla: $0,084 \text{ KN/m}^2$
- Peso Polín: $(2*1,045)/101,97=0,0205 \text{ KN/m}^2$
- Peso instalaciones: $0,01*9,964=0,1 \text{ KN/m}^2$
- Peso impermeabilización: $0,005*9,964=0,05 \text{ KN/m}^2$

$$\underline{\Sigma \text{ CUBIERTA} = 0,3986 \text{ KN/m}^2}$$

AVALÚO DE CARGAS PARA EL TANQUE

- Peso de tanque de capacidad 1000 lt= $22,8\text{kg}= 0,225\text{KN}$
Área del diámetro de la base del tanque= $(\pi*0,96^2)/4= 0,724 \text{ m}^2$

$$\underline{\Sigma \text{CUBIERTA} = 0,225*0,724=0,1629 \text{ KN/m}^2}$$

➤ AVALUO DE CARGAS VIVAS (CV)

Corresponden a cargas gravitacionales debidas a la ocupación normal de la estructura y que no son permanentes en ella. Debido a la característica de movilidad y no permanencia de esta carga el grado de incertidumbre en su determinación es mayor. La determinación de la posible carga de diseño de una edificación ha sido objeto de estudio durante muchos años y gracias a esto, por medio de estadísticas, se cuenta en la actualidad con una buena aproximación de las cargas vivas de diseño según el uso de la estructura. Las cargas vivas no incluyen las cargas ambientales como sismo o viento.

Para efectos de diseño es el calculista quien debe responder por la seguridad de la estructura en su vida útil, para esto cuenta con las ayudas de las normas y códigos de diseño donde se especifican las cargas vivas mínimas a considerar.

AVALÚO DE CARGAS PARA EL ENTREPISO

- Cuartos privados y sus corredores = 1.8 KN/m^2
- Balcones = 5 KN/m^2

$$\Sigma = 6,8 \text{ KN/m}^2$$

AVALÚO DE CARGAS PARA LA ESCALERA EN CARACOL

- Carga por escalera = $300/101,97=2,92 \text{ KN/m}^2$

AVALÚO DE CARGAS PARA LA CUBIERTA

- Carga por cubierta del 15% $8,3^\circ = 50/101,97=0,5 \text{ KN/m}^2$

AVALUÓ DE CARGAS PARA EL TANQUE

- Carga por cubierta mantenimiento y operación = $0,35 \text{ KN/m}^2$

3.4.2 ANALISIS SÍSMICO

➤ ESPECTRO SÍSMICO DE DISEÑO

A partir de la evaluación de la amenaza sísmica siguiendo lo prescrito en el capítulo A.2 se obtuvo la aceleración pico efectiva **Aa** y la velocidad pico efectiva **Av** para la ciudad de Neiva.

Tabla 7 Valores A_a y A_v para cada Ciudad.

Ciudad	A_a	A_v	Zona de Amenaza Sísmica
Arauca	0.15	0.15	Intermedia
Armenia	0.25	0.25	Alta
Barranquilla	0.10	0.10	Baja
Bogotá D. C.	0.15	0.20	Intermedia
Bucaramanga	0.25	0.25	Alta
Cali	0.25	0.25	Alta
Cartagena	0.10	0.10	Baja
Cúcuta	0.35	0.30	Alta
Florencia	0.20	0.15	Intermedia
Ibagué	0.20	0.20	Intermedia
Leticia	0.05	0.05	Baja
Manizales	0.25	0.25	Alta
Medellín	0.15	0.20	Intermedia
Mitú	0.05	0.05	Baja
Mocoa	0.30	0.25	Alta
Montería	0.10	0.15	Intermedia
Neiva	0.25	0.25	Alta
Pasto	0.25	0.25	Alta
Pereira	0.25	0.25	Alta
Popayán	0.25	0.20	Alta
Puerto Carreño	0.05	0.05	Baja
Puerto Inírida	0.05	0.05	Baja
Quibdó	0.35	0.35	Alta
Riohacha	0.10	0.15	Intermedia
San Andrés, Isla	0.10	0.10	Baja
Santa Marta	0.15	0.10	Intermedia
San José del Guaviare	0.05	0.05	Baja
Sincedejo	0.10	0.15	Intermedia
Tunja	0.20	0.20	Intermedia
Valledupar	0.10	0.10	Baja
Villavicencio	0.35	0.30	Alta
Yopal	0.30	0.20	Alta

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Tabla A.2.3-2)

Se tomó el suelo de relleno como tipo de perfil E cuya descripción concuerda con los apiques que se realizaron en los cuales se encontró material pétreo, luego la NSR-10 en la tabla A.2.4-1 y la tabla A.2.4-2 se define que:

$$\bar{V}_s < 180 \text{ m/s}$$

Tabla 8 Clasificación de Perfiles de Suelo.

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{s}_u \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > \bar{V}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o $100 \text{ kPa} (\approx 1 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u \geq 50 \text{ kPa} (\approx 0.5 \text{ kgf/cm}^2)$
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$180 \text{ m/s} > \bar{V}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $50 \text{ kPa} (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2) > \bar{s}_u$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con Índice de Plasticidad IP > 75) F₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Tabla A.2.4-1)

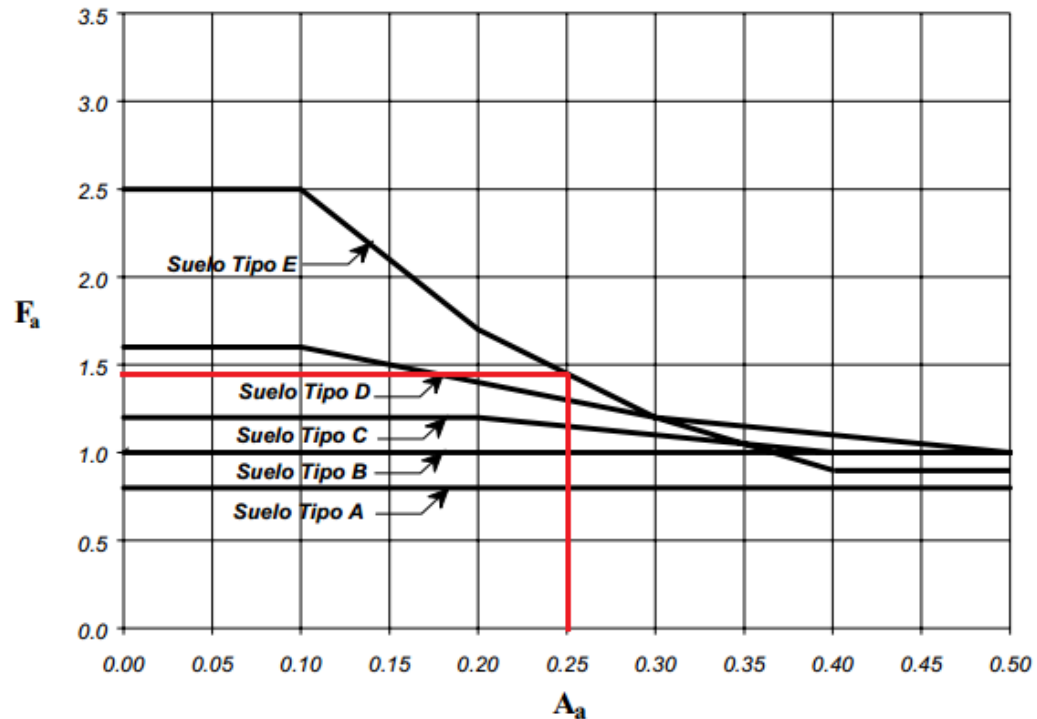
Tabla 9 Criterios de Clasificación de Suelos Tipo C, D, E

Tipo de perfil	$\bar{V}_s$	$\bar{N}$ o $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$
C	entre 360 y 760 m/s	mayor que 50	mayor que 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	entre 180 y 360 m/s	entre 15 y 50	entre 100 y 50 kPa (0.5 a 1 kgf/cm ²)
E	menor de 180 m/s	menor de 15	menor de 50 kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Tabla A.2.4-2)

Los valores de los coeficientes F_a y F_v de acuerdo a la intensidad de los movimientos sísmicos son:

Figura. 26 Coeficiente de Amplificación F_a del Suelo.



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Fig.A.2.4-1)

Por ser la estructura una vivienda de dos plantas el coeficiente de importancia para el espectro de diseño según la tabla A.2.5-1 corresponde al grupo 1 con coeficiente $I = 1.00$.

Tabla 10 Características del Suelo.

perfil suelo	E	
grupo de uso	I	(NSR-10 A.2.5)
Coeficiente de Aceleración Pico Efectiva (A_a):	0,25	(Estudio de Suelos)
Coeficiente de Velocidad Pico Efectiva (A_v):	0,25	(Estudio de Suelos)
Coeficiente de ampliación (F_a):	1,27	(NSR-10 Tabla A.2.4-3)
Coeficiente de ampliación (F_v):	1,85	(NSR-10 Tabla A.2.4-3)
Coeficiente de Importancia (I):	1	(NSR-10 Tabla A.2.5-1)

Fuente: Autores.

Espectro de aceleraciones: la forma del espectro elástico de aceleraciones, S_a expresada como fracción de la gravedad, para un coeficiente de cinco por ciento (5%) del amortiguamiento crítico, que se debe utilizar en el diseño, se da en la figura A.2.6-1 y se define por medio de la ecuación A.2.6-1, con las limitaciones dadas en A.2.6.1.1 a A.2.6.1.3.

$$S_a = \frac{1,2 A_v F_v I}{T} = 0,794 \quad (\text{A.2.6-1})$$

A.2.6.1.1 - Para periodos de vibración menores de T_c , calculado de acuerdo con la ecuación A.2.6-2, el valor de S_a puede limitarse al obtenido de la ecuación A.2.6-3.

$$T_c = 0,48 \frac{A_v F_v}{A_a F_a} \quad (\text{A.2.6-2})$$

$$T_c = 0,48 \frac{0,25 * 1,85}{0,25 * 1,27} = 0,69$$

$$s_a = 2,5 A_a F_a I \quad (\text{A.2.6-3})$$

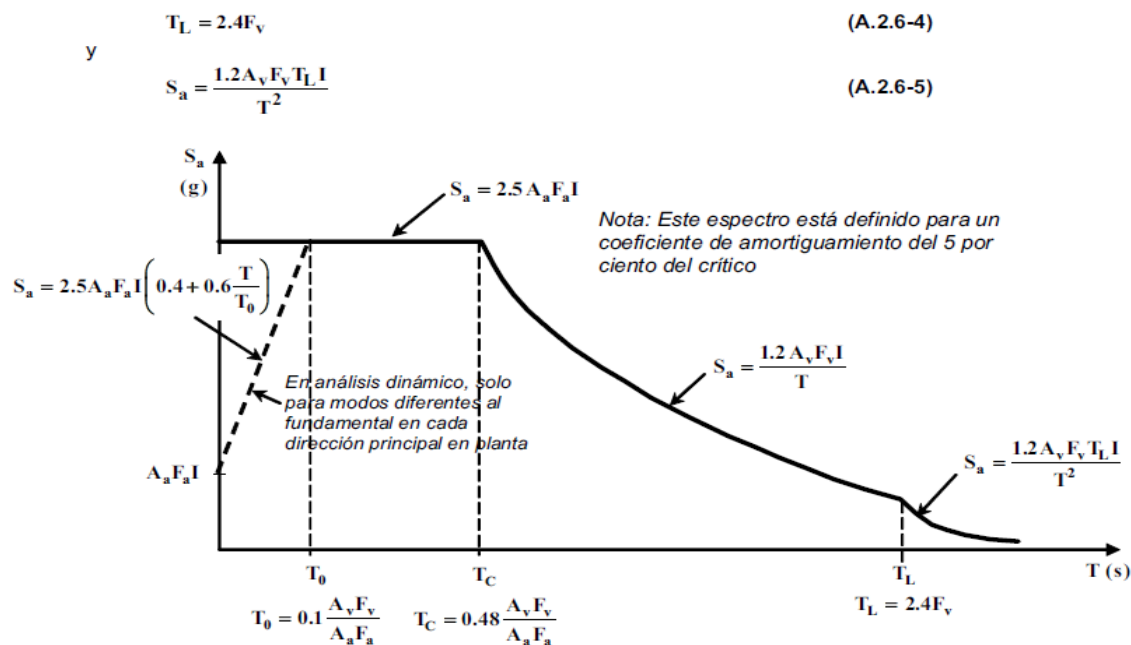
$$s_a = 2,5 * 0,25 * 1,27 * 1 = 0,794$$

A.2.6.1.2 – Para periodos de vibración mayores que T_L , calculado de acuerdo con la ecuación A.2.6-4, el valor de S_a no puede ser menor que el dado por la ecuación A.2.6-5.

$$T_L = 2,4 * F_v = 2,4 * 1,85 = 4,44$$

$$T_0 = 0,1 \frac{A_v * F_v}{A_a * F_a} = 0,15$$

Figura. 27 Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño.



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Figura A.2.6-1)

ESPECTRO DE DISEÑO PARA VIVIENDA DE 2 NIVELES EN GUADUA

Tabla 11 Datos para el Cálculo del Espectro de Diseño

Parámetros sísmicos de Diseño	
Perfil de Suelo:	E
Grupo de Uso:	I
Coeficiente de Aceleración Pico Efectiva (A_a):	0,25
Coeficiente de Velocidad Pico Efectiva (A_v):	0,25
Coeficiente de ampliación (F_a):	1,27
Coeficiente de ampliación (F_v):	1,85
Coeficiente de Importancia (I):	1
T_c	0,70
T_l	4,44

Fuente: Autores.

Tabla 12 Valores del Espectro Elástico de Aceleraciones.

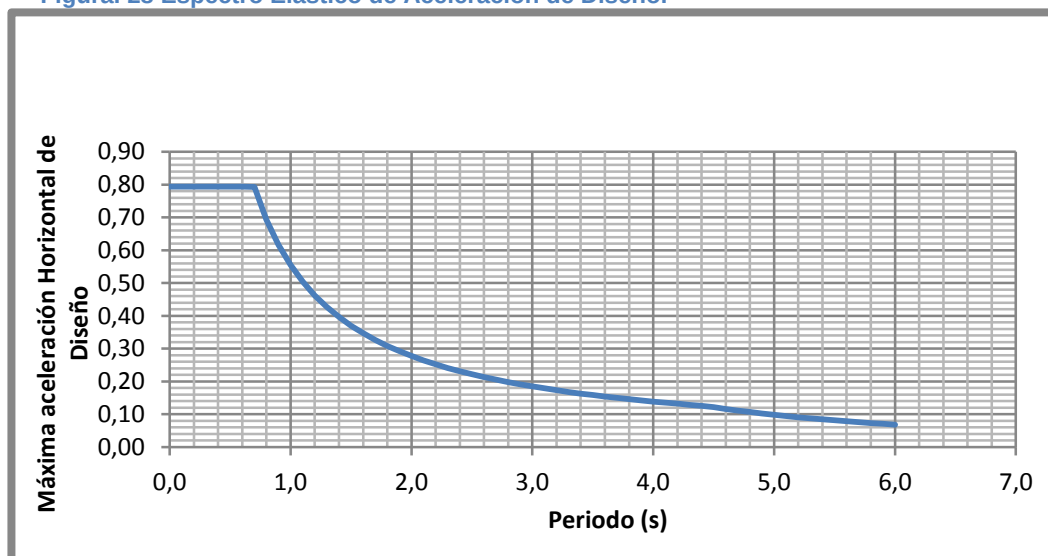
T (s)	S(a)
0	0,794
0,1	0,794
0,2	0,794
0,3	0,794
0,4	0,794
0,5	0,794
0,6	0,794
0,7	0,793
0,8	0,694
0,9	0,617
1	0,555
1,1	0,505
1,2	0,463
1,3	0,427
1,4	0,396
1,5	0,37
1,6	0,347
1,7	0,326
1,8	0,308
1,9	0,292
2	0,278
2,1	0,264
2,2	0,252
2,3	0,241
2,4	0,231
2,5	0,222

T (s)	S(a)
2,6	0,213
2,7	0,206
2,8	0,198
2,9	0,191
3	0,185
3,1	0,179
3,2	0,173
3,3	0,168
3,4	0,163
3,5	0,159
3,6	0,154
3,7	0,15
3,8	0,146
3,9	0,142
4	0,139
4,1	0,135
4,2	0,132
4,3	0,129
4,4	0,126
4,5	0,122
4,6	0,116
4,7	0,112
4,8	0,107
4,9	0,103
5	0,099
5,1	0,095

T (s)	S(a)
5,2	0,091
5,3	0,088
5,4	0,085
5,5	0,081
5,6	0,079
5,7	0,076
5,8	0,073
5,9	0,071
6	0,068
6,1	0,066
6,2	0,064
6,3	0,062
6,4	0,06
6,5	0,058
6,6	0,057
6,7	0,055
6,8	0,053
6,9	0,052
7	0,05
7,1	0,049
7,2	0,048
7,3	0,046
7,4	0,045
7,5	0,044
7,6	0,043
7,7	0,042

Fuente Autores

Figura. 28 Espectro Elástico de Aceleración de Diseño.



Fuente: Autores

➤ **SISTEMA ESTRUCTURAL**

El sistema estructural para la casa del proyecto en estudio se definió de acuerdo a las especificaciones que plantea la Norma Sismo resistente como lo es un sistema conformado por un pórtico con diagonales y muros estructurales que no cumple con los requisitos del sistema dual.

VALOR REDUCIDO DEL COEFICIENTE DE CAPACIDAD DE DISIPACION DE ENERGIA

$$R = \phi_a \phi_p \phi_r R_0 \quad (A.3.3-1)$$

$$R = 0.9 * 0.8 * 1 * 2 = 1.44$$

Sin embargo para muros en bahareque encementado la norma dice que este factor tiene un valor de $R=1.5$

➤ **DETERMINACION DE FUERZAS SISMICAS**

El análisis de las fuerzas sísmicas fue realizado por el Método de Fuerza Equivalente como se indica en el capítulo A.4 de la norma. Como los elementos están diseñados por el método de esfuerzos admisibles el coeficiente E tiene un valor de 0.7

Para llegar al valor de Fuerza Sísmica F_s . se realiza el siguiente proceso:

PERÍODO FUNDAMENTAL DE LA EDIFICACIÓN

Se tomó como período fundamental de la edificación, con un valor de $C_t = 0.25$ tomado de NSR-10 Título E Apéndice E-A y $\alpha=0.9$ de acuerdo con la tabla A.4.2-1

$$T_a = C_t h^\alpha \quad (A.4.2-3)$$

$$T_a = 0.25 * 5.6^{0.9} = 1.178 \text{ Seg.}$$

$$c_u = 1.75 - 1.2 * A_v * F_v \geq 1.2 \quad (A.4.2 - 2)$$

$$c_u = 1.2$$

FUERZAS SÍSMICAS HORIZONTALES EQUIVALENTES

Por este método, se verifico el cortante sísmico basal aplicando los resultados obtenido del espectro sísmico.

$$V_s = S_a g M \quad (A.4.3-1)$$

$$V_s = 0.793 * 1.77$$

$$V_s = 1.40$$

Las fuerzas sísmicas horizontales F_x , se determinaron así:

$$F_x = C_{vx} V_s \quad (A.4.3-2)$$

$$C_{vx} = \frac{m_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n (m_i h_i^k)} \quad (A.4.3-3)$$

Donde K tiene un valor de 1.0 según lo indica la norma.

Tabla 13 Cálculos de Fuerzas Sísmicas

<u>Nivel</u>	<u>Wi (Tons)</u>	<u>Hi (Mts)</u>	<u>k</u>	<u>Wi * Hi^k</u>	<u>% Cvi</u>	<u>Fsi Ton</u>
E.PISO	1,05	2,800	1,0000	2,93	0,4349	0,61
ESCALERA	0,08	2,800	1,0000	0,23	0,0338	0,05
CUBIERTA	0,63	5,600	1,0000	3,51	0,5209	0,73
TANQUE	0,01	5,600	1,0000	0,07	0,0104	0,01
	1,76503			6,73		1,40

Fuente: Autores.

Las fuerzas sísmicas reducidas se hallan con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{Fs}{R} = \frac{1,40}{1.5} = 0.93$$

Dónde:

Fs. = Fuerza sísmica (título A, NSR-10)

R= Coeficiente de capacidad de disipación de energía

E = Fuerzas sísmicas reducidas

3.4.3 ANALISIS DE FUERZAS DE VIENTO

Son necesarias para diseñar el sistema que resista estas fuerzas para lo cual se aplicó el capítulo B.6 de este reglamento mediante el Método Analítico que a pesar de no cumplir totalmente con los requisitos establecidos era útil para conocer el comportamiento de la estructura.

VELOCIDAD BÁSICA DE VIENTO V Y FACTOR DE DIRECCION K_d

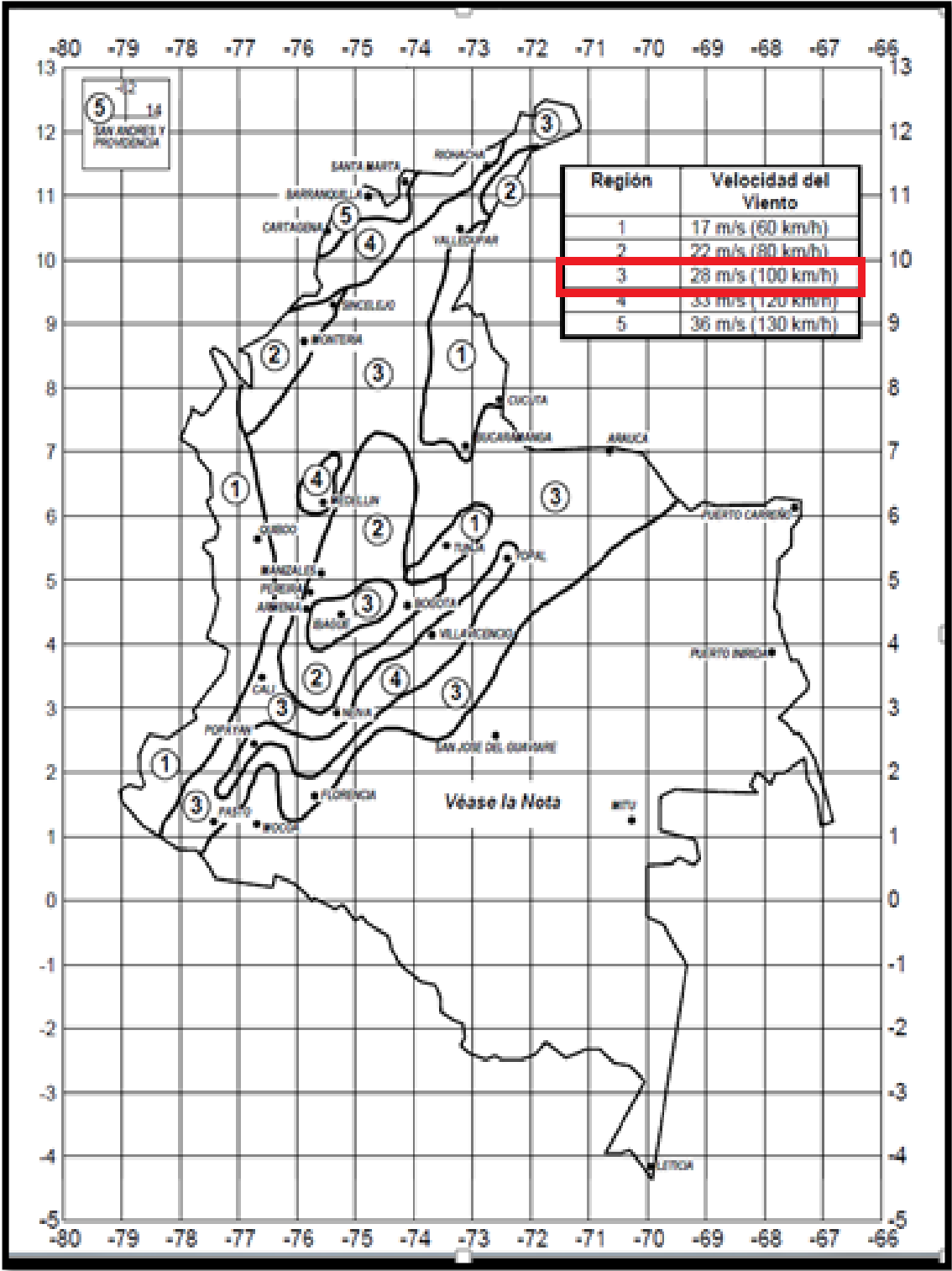
Se determinó con B.6.5.4 dando como resultado:

Tabla 14 Factor de Direccionalidad de Viento

Tipo de Estructura	Factor de Direccionalidad del Viento, K_d *
Edificios	0.85
Sistema Principal de Resistencia de Cargas de Viento	
Componentes y Recubrimientos	
Cubiertas Abovedadas	0.85
Chimeneas, Tanques y Estructuras Similares	0.90 0.95 0.95
Cuadradas	
Hexagonales	
Redondas	
Avisos Sólidos	0.85
Avisos Abiertos y Estructura Rectangular	0.85
Torres en Celosía	0.85 0.85 0.95
Triangular, Cuadrada y Rectangular	
Todas las otras secciones transversales	

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Tabla B.6.5-4)

Figura. 29 Velocidad de Viento Básico.



Fuente: (Asociacion Colombianna de Ingenieria Sismica, 2010, B.6.4-1)

FACTOR DE IMPORTANCIA I

Este se define por la categoría de uso de la estructura como se vio en la tabla 10.

Tabla 15 Factor de Importancia

Categoría	Regiones no propensas a huracanes, y regiones con posibilidad de huracanes de $V = 40 - 45$ m/s	Regiones con posibilidades de huracanes y $V > 45$ m/s
I	0.87	0.77
II	1.00	1.00
III	1.15	1.15
IV	1.15	1.15

Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, Tabla B.6.5-1)

CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN

Fue determinada con la sección B.6.5.6 se obtuvo que de acuerdo a la zona de ubicación de la vivienda, se consideró el terreno como categoría C en cuanto al coeficiente de rugosidad y por ende la exposición es tipo C.

Tabla 16 Coeficientes de Exposición para Presión Dinámica.

Altura sobre el terreno Z	Exposición, Nota 1			
	B		C	D
m	Caso 1	Caso 2	Casos 1 y 2	Casos 1 y 2
0 - 45	0.7	0.57	0.85	1.03
6.0	0.7	0.62	0.90	1.08
7.5	0.7	0.66	0.94	1.12
9.0	0.7	0.70	0.98	1.16
12.0	0.76	0.76	1.04	1.22
15.0	0.81	0.81	1.09	1.27
18.0	0.85	0.85	1.13	1.31
20.0	0.89	0.89	1.17	1.34
24.5	0.93	0.93	1.21	1.38
27.5	0.96	0.96	1.24	1.40
30.5	0.99	0.99	1.26	1.43
36.5	1.04	1.04	1.36	1.52
42.5	1.09	1.09	1.36	1.52
49.0	1.13	1.13	1.39	1.55
55.0	1.17	1.17	1.43	1.58
60.0	1.20	1.20	1.46	1.61
76.0	1.28	1.28	1.53	1.68
90.0	1.35	1.35	1.59	1.73
107.0	1.41	1.41	1.64	1.78
122.0	1.47	1.47	1.69	1.82
137.0	1.52	1.52	1.73	1.86
152.0	1.56	1.56	1.77	1.89

Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, Tabla B.6.5-3)

Luego por interpolación lineal se tiene que $K_z = 0.89$ para $h = 5.6\text{m}$.

FACTOR TOPOGRÁFICO K_{zt}

Se determina con la siguiente ecuación de la NSR-10

$$K_{zt} = (1 + K_1 K_2 K_3)^2 \quad (\text{B.6.5-1})$$

$$K_{zt} = (1 + 0.58 * 0.50 * 0.30)^2$$

$$K_{zt} = 1.18$$

FACTOR DE EFECTO RÁFAGA

Para hallar este factor se analizó el comportamiento de la estructura ante sismo de lo cual se tomó como un edificio flexible luego el factor ráfaga se halla así:

$$G_f = 0.925 \left(\frac{1 + 1.7 I_z \sqrt{g_Q^2 Q^2 + g_R^2 R^2}}{1 + 1.7 g_v I_z} \right) \quad (\text{B.6.5-6})$$

$$G_f = 0.925 * \frac{1 + 1.7 * 0.23 * \sqrt{3.4^2 * 0.93^2 + 4.15^2 * 0.46^2}}{1 + 1.7 * 3.4 * 0.23}$$

$$G_f = 1.047$$

Para lo que se requiere hallar los factores relacionados a continuación.

$Q = \sqrt{\frac{1}{1 + 0.62 \left(\frac{B+h}{L_z} \right)^{0.63}}}$	$R = \sqrt{\frac{1}{\beta} R_n R_h R_B (0.53 + 0.47 R_L)}$
$I_z = c \left(\frac{10}{z} \right)^{1/6}$	$R_n = \frac{7.47 N_1}{(1 + 10.3 N_1)^{5/3}}$
$L_z = \ell \left(\frac{z}{10} \right)^{\bar{\alpha}}$	$N_1 = \frac{n_1 L_z}{\bar{V}_z}$
	$R_L = \frac{1}{\eta} - \frac{1}{2\eta^2} (1 - e^{-2\eta})$ para $\eta > 0$
	$R_L = 1$ para $\eta = 0$
	$\bar{V}_z = \bar{b} \left(\frac{z}{10} \right)^{\bar{\alpha}} v$

g_Q y g_v se tomarán como 3.4 y g_R se calculará con la siguiente ecuación:

$$g_R = \sqrt{2 \ln(3600 n_1)} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln(3600 n_1)}}$$

Tabla 17 Constante de Exposición del Terreno.

Exposición	α	Z_g (m)	$\hat{a}$	$\hat{b}$	$\bar{\alpha}$	$\bar{b}$	c	ℓ (m)	$\bar{e}$	Z_{min}^* (m)
B	7.0	365.8	1/7.0	0.84	1/4.0	0.45	0.30	97.5	1/3	9.0
C	9.5	274.3	1/9.5	1.00	1/6.5	0.65	0.20	152.4	1/5	4.5
D	11.5	213.4	1/11.5	1.07	1/9.0	0.80	0.15	198.1	1/8	2.0

Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, Tabla B.6.5-2)

COEFICIENTE DE PRESIÓN EXTERNA CP

Los coeficientes de presion se hallaron para la direccion de Barlovento y Sotavento como se indica en la siguiente tabla teniendo en cuenta las relaciones L/B , h/L y el angulo de inclinacion de la cubierta.

Para la cubierta fue necesario interpolar obteniendo como resultado un coeficiente $C_p = 0.376$

Tabla 18 Coeficientes depresión Externa.

Coeficientes de Presión en Muros, C_p			
Superficie	L/B	C_p	Usar con
Muro en barlovento	Todos los valores	0.8	q_z
Muro en sotavento	0-1	-0.5	q_h
	2	-0.3	
	≥ 4	-0.2	
Muros laterales	Todos los valores	-0.7	q_h

Coeficientes de Presión en Cubiertas, C_p , para usar con q_h

Dirección del Viento	Barlovento									Sotavento		
	Ángulo θ en grados									Ángulo θ en grados		
	h/L	10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^\circ$	10	15	≥ 20
Normal a la cumbrera para $\theta > 10^\circ$	≤ 0.25	-0.70	-0.50	-0.30	-0.20	-0.20	0.0*	0.40	0.01	-0.30	-0.50	-0.60
		-0.18	0.0*	0.20	0.30	-0.30	0.40		θ			
	0.50	-0.90	-0.70	-0.40	-0.30	-0.20	-0.20	0.0*	0.01	-0.50	-0.50	-0.60
		-0.18	-0.18	0.0*	0.20	0.20	0.30	0.40	θ			
	≥ 1.0	-1.3**	-1.00	-0.70	-0.50	-0.30	-0.20	0.0*	0.01	-0.70	-0.60	-0.60
		-0.18	-0.18	-0.18	0.0*	0.20	0.20	0.30	θ	-0.70	-0.60	-0.60
Normal a la cumbrera para $\theta < 10^\circ$ y paralela a la cumbrera para todo θ	≤ 0.5	Distancia horizontal desde el borde de barlovento				C_p		*Valor dado para fines de interpolación				
		0 a h/2				-0.9, -0.18		**Valor que puede reducirse linealmente con el área sobre la cual es aplicable como sigue:				
		h/2 a h				-0.9, -0.18						
		h a 2h				-0.5, -0.18						
		$> 2h$				-0.3, -0.18						
	≥ 1.0	0 a h/2				-1.3**, -0.18		Área (m ²)		Factor de Reducción		
		$> h/2$				-0.7, -0.18		< 10		1		
								20		0.9		
								> 100		0.8		

Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, Tabla B.6.5-3)

PRESION POR VELOCIDAD q_z o q_h

$$q_z = 0.613 K_z K_{zt} K_d V^2 \text{ en (N/m}^2\text{); } V \text{ en m/s} \quad (\text{B.6.5-13})$$

Finalmente los resultados de las cargas me viento se muestran a continuación y serán aplicados en el modelo como lo muestra la figura 30.

Tabla 19 Cargas de Viento de Diseño

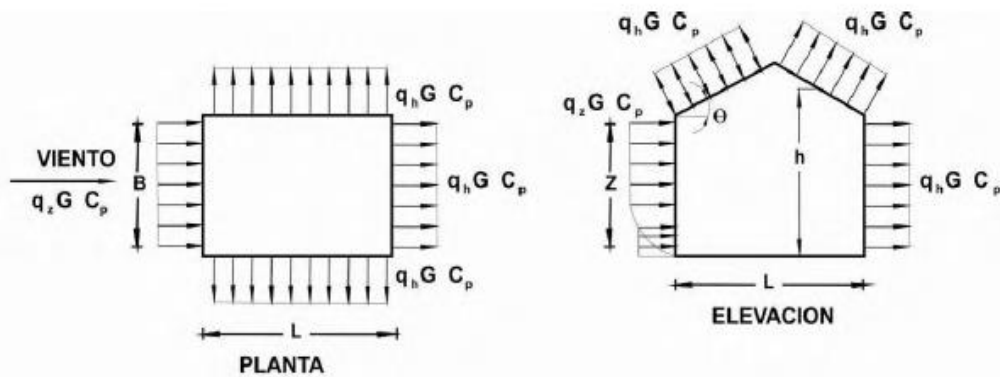
CARGAS DE VIENTO DE DISEÑO										
direccion viento	h (m)	K _z	K _d	K _{zt}	q _z (N/M ²)	G	C _p Bar.	C _p Sot.	Bar. q _z *G*C _p	Sot. q _h *G*C _p
este.oeste	0 - 4.5	0,85	0,9	1,18	356,5	0,971	0,8	-0,34	276,767	-123,886
	4.5 - 5.6	0,89	0,9	1,18	373,2	0,971	0,8	-0,34	289,791	-123,886
norte.sur	0 - 4.5	0,85	0,9	1,18	356,5	0,971	0,8	-0,5	276,767	-181,12
	4.5 - 5.6	0,89	0,9	1,18	373,2	0,971	0,8	-0,5	289,791	-181,12

Fuente: Autores

Para el análisis de viento en la cubierta, se tomó una teja termoacústica que se compone de varias capas entre ellas una lámina de acero galvanizado con las siguientes características de resistencia:

- Punto de fluencia Mínima = 290 Mpa
- Resistencia Máxima = 434 Mpa

Figura. 30 Coeficientes de Presión C_p .



CUBIERTAS A DOS Y A CUATRO AGUAS

Fuente: (Asociacion Colombianna de Ingenieria Sismica, 2010, Figura B.6.5-3)

3.4.4 ANALISIS DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES

➤ VERIFICACIÓN DE LAS DERIVAS

El desplazamiento horizontal entre los dos pisos consecutivos de la estructura sirvió para analizar el comportamiento de la estructura en cuanto a desplazamiento horizontal, estabilidad y daños en los elementos. En este método de diseño se verificarán las derivas obtenidas de las deflexiones horizontales causadas por el sismo de diseño sin que el modelo se divida por R.

Para esto se procedió de la siguiente manera:

Para la NSR-10 se entiende por deriva el desplazamiento horizontal relativo entre dos puntos colocados en la misma línea vertical, en dos pisos o niveles consecutivos de la edificación. Y se controla por causas críticas durante un sismo la cuales son deformaciones inelástica de los elementos estructurales y no estructurales. Estabilidad global de la estructura. Y daño a los elementos estructurales que no hacen parte del sistema de resistencia sísmica y a los elementos no estructurales, tales como muros divisorios, particiones, enchapes, acabados, instalaciones eléctricas, mecánicas, etc.

Desplazamientos horizontales

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES EN EL CENTRO DE MASA DEL PISO, $\delta_{cm,j}$

Este cálculo concierne a los desplazamientos principales en dirección horizontal que tiene el centro de masa por piso. Si se utiliza el método de la fuerza horizontal equivalente, las fuerzas horizontales utilizadas para el cálculo de los desplazamientos horizontales y torsionales en el centro de masa pueden calcularse utilizando el periodo T ya calculado anteriormente.

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES CAUSADOS POR EFECTOS TORSIONALES. $\delta_{t,j}$

Son los desplazamientos causados por la rotación de la estructura con respecto a un eje vertical y debido a los efectos torsionales ya definidos. Cuando los diafragmas son rígidos el incremento en el desplazamiento horizontal en cualquiera de las dos direcciones principales en planta, se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\delta_{t,j} = r_j \theta_i \quad (A.6.2-1)$$

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES CAUSADOS POR EFECTOS P-DELTA, $\delta_{pd,j}$

Pertenecen a los efectos adicionales en las direcciones principales en planta causadas por los efectos P-Delta de la estructura (). Estos se deben tener en cuenta cuando el índice de estabilidad, Q_i , es mayor de 0.10.

El índice de estabilidad, para el piso i y en la dirección bajo estudio, se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$Q_i = \frac{P_i \Delta_{cm}}{V_i h_{pi}} \quad (A.6.2-2)$$

El índice de estabilidad de cualquier piso, Q_i , no debe exceder el valor de 0.30. Cuando el valor de Q_i es mayor que 0.30, la estructura es potencialmente inestable y debe rigidizarse, a menos que se cumplan, en estructuras de concreto reforzado, la totalidad de los requisitos enumerados en C.10.11.6.2(b).

La deflexión adicional causada por el efecto P-Delta en la dirección bajo estudio y para el piso i , se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\delta_{pd} = \delta_{cm} \left(\frac{Q_i}{1 - Q_i} \right) \quad (A.6.2-3)$$

Cuando el índice de estabilidad es mayor de 0.10, los efectos P-Delta en las fuerzas internas de la estructura causadas por las cargas laterales deben aumentarse, multiplicándolas en cada piso por el factor $1/(1-Q_i)$

DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES TOTALES

Estos desplazamientos son aquellos que se ven afectados por los movimientos sísmicos y rigideces ya definido. Estos desplazamientos totales horizontales, $\delta_{t0t,j}$, en cualquiera de las direcciones principales en planta, j , y para cualquier grado de libertad de la estructura, se obtienen de la siguiente suma de valores absolutos:

$$\delta_{t0t,j} = |\delta_{cm,j}| + |\delta_{t,j}| + |\delta_{pd,j}| \quad (A.6.2-4)$$

EVALUACION DE LA DERIVA MAXIMA

Como en este caso es una edificación que tiene irregularidad en planta de los tipos 1aP ó 1bP la deriva máxima en cualquier punto del piso i , se puede obtener como la diferencia entre los desplazamientos horizontales totales máximos, de acuerdo con el metodo de desplazamientos horizontales totales acabados de mencionar, del punto en el piso i y los desplazamientos horizontales totales máximos de un punto localizado en el mismo eje vertical en el piso inmediatamente inferior $(i-1)$, por medio de la siguiente ecuación:

$$\Delta_{\max}^i = \sqrt{\sum_{j=1}^2 \left(\delta_{\text{tot},j}^i - \delta_{\text{tot},j}^{i-1} \right)^2} \quad (\text{A.6.3-1})$$

LIMITES DE DERIVA

La deriva máxima para cualquier piso determinada de acuerdo con el procedimiento antriormente desarrollado, no puede exceder los límites establecidos en la tabla A.6.4-1, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso h_{pi} :

Tabla 20 Derivas Máximas como Porcentaje de h_{pi} .

Estructuras de:	Deriva máxima
concreto reforzado, metálicas, de madera, y de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.2	1.0% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.010 h_{pi} \right)$
de mampostería que cumplen los requisitos de A.6.4.2.3	0.5% $\left(\Delta_{\max}^i \leq 0.005 h_{pi} \right)$

Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, Tabla A.6.4-1)

Obteniendo como resultados los siguientes desplazamientos de los puntos de las columnas en estudio:

Tabla 21 Verificación de Derivas.

Story	Point	Uz	Δmt	%	
Story 1	1	-1,1828	-0,3337	0,059	ok
Story 2	1	-0,8491			
Story	Point	Uz	Δmt	%	
Story 1	34	-0,0195	0,3183	0,056	ok
Story 2	34	-0,3378			
Story	Point	Uz	Δmt	%	
Story 1	29	-0,0188	0,0917	0,016	ok
Story 2	29	-0,1105			
Story	Point	Uz	Δmt	%	
Story 1	16	-0,0078	0,0622	0,011	ok
Story 2	16	-0,07			

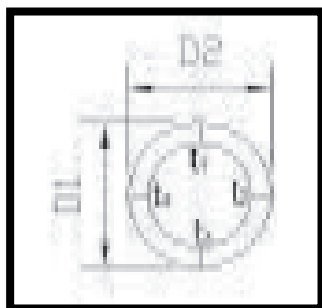
Fuente: Autores

3.5. DISEÑO ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN GUADUA

El diseño para estructuras en guadua se realiza aplicando la Norma Sismo Resistente NSR-10 título G.12. Donde se establecen los requisitos necesarios cuando el material principal es el bambú sin importar si los elementos son o no totalmente de este material.

➤ **DIAMETRO Y ESPESOR**

Figura. 31 Diámetros



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Título G.12)

De acuerdo con el numeral G.12.6.6 se debe determinar un diámetro y espesor promedio para diseñar la estructura, estas dos medidas se hallan así:

Se toma el diámetro en sentido horizontal y vertical en los extremos del culmo y se promedia.

Para hallar el espesor se miden los cuatro espesores por cada extremo, para un total de ocho medidas y se promedian.

➤ **METODO DE DISEÑO “ESFUERZOS ADMISIBLES**

El diseño consiste en cumplir con los esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad que se muestran a continuación teniendo en cuenta que ya se ha determinado la calidad del material es decir, una guadua en condiciones óptimas.

Tabla 22 Esfuerzos Admisibles y Modulo de Elasticidad

Tabla G.12.7-1 Esfuerzos admisibles F_i (MPa), CH=12%				
F_b Flexión	F_t Tracción	F_c Compresión $\parallel$	$F_{p\perp}$ Compresión $\perp$	F_v Corte
15	18	14	1.4	1.2

$\parallel$ = compresión paralela al eje longitudinal.
 $\perp$ = compresión perpendicular al eje longitudinal.
 *La resistencia a la compresión perpendicular está calculada para entrenudos rellenos con mortero de cemento.

Tabla G.12.7-2 Módulos de elasticidad, E_i (MPa), CH=12%		
Módulo promedio $E_{0.5}$	Módulo percentil 5 $E_{0.05}$	Módulo mínimo E_{min}
9.500	7.500	4.000

Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010)

Tabla 23 Factores de Reducción

Factor	Flexión	Tracción	Compresión $\parallel$	Compresión $\perp$	Corte
FC	-	0.5	-	-	0.6
F_i	2.0	2.0	1.5	1.8	1.8
FDC	1.5	1.5	1.2	1.2	1.1

Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, Tabla G.12.7-3)

Aplicando la ecuación G.12.7-2 de la NSR-10, con los valores de las tablas anteriores se obtienen los esfuerzos admisibles de diseño y con los cuales se obtendrá el número de guaduas que resista las cargas a las que es sometida la estructura.

$$F_i = \frac{FC}{F_s \cdot FDC} f_{ki} \quad (G.12.7-2)$$

Donde:

- F_i = esfuerzo admisible en la sollicitación i
 f_{ki} = valor característico del esfuerzo en la sollicitación i
 FC = factor de reducción por diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de aplicación de las cargas en la estructura (véase tabla G.12.7-3)
 F_s = factor de Seguridad (véase tabla G.12.7-3)
 FDC = factor de duración de carga (véase tabla G.12.7-3)
 i = subíndice que depende del tipo de sollicitación (b para flexión, t para tracción paralela a las fibras, c para compresión paralela a las fibras, p para compresión perpendicular a las fibras, v para cortante paralelo a las fibras)

Ecuación Esfuerzos Admisibles para cada Sollicitación. Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sismica, 2010)

Conociendo la calidad de la guadua y las condiciones a que va a ser sometida se toman los coeficientes de modificación por duración de carga, contenido de humedad, coeficiente por temperatura, por acción conjunta como se indica en el título G.12.

Tabla 24 Coeficientes Modificación por Duración de Carga

Duración de carga	Flexión	Tracción	Compresión	Compresión ⊥	Corte	Carga de diseño
Permanente	0.90	0.90	0.9	0.9	0.90	Muerta
Diez años	1.00	1.00	1.0	0.9	1.00	Viva
Dos meses	1.15	1.15	1.15	0.9	1.15	Construcción
7 días	1.25	1.25	1.25	0.9	1.25	
Diez minutos	1.60	1.60	1.6	0.9	1.60	Viento y Sismo
impacto	2.00	2.00	2.0	0.9	2.00	Impacto

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sismica, 2010, Tabla G.12.7-4)

Tabla 25 Coeficientes Modificación por Humedad.

Esfuerzos		CH ≤ 12%	CH = 13%	CH = 14%	CH = 15%	CH = 16%	CH = 17%	CH = 18%	CH ≥ 19%
Flexión	F_b	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Tracción	F_t	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Compresión paralela	F_c	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Compresión perpendicular	F_p	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Corte	F_v	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Modulo de elasticidad	$E_{0.5}$	1.0	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90
	$E_{0.05}$								
	E_{min}								

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sismica, 2010, Tabla G.12.7-5)

Tabla 26 Coeficientes Modificación por Temperatura

Esfuerzos		Condiciones de servicio	(C _t)		
			T ≤ 37° C	37° C ≤ T ≤ 52° C	52° C ≤ T ≤ 65° C
Flexión	F _b	Húmedo	1.0	0.60	0.40
		Seco		0.85	0.60
Tracción	F _t	Húmedo		0.85	0.80
		Seco		0.90	
Compresión paralela	F _c	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Compresión perpendicular	F _p	Húmedo		0.80	0.50
		Seco		0.90	0.70
Corte	F _v	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Modulo de elasticidad	E	Húmedo		0.80	0.80
		Seco		0.90	

Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, Tabla G.12.7-6)

Se halla el esfuerzo admisible para cada sollicitación cumpliendo con las ecuaciones detalladas a continuación:

➤ **DISEÑO ELEMENTOS A FLEXION**

El diseño a flexión se realiza como en las vigas de otros materiales debido a la que la relación MOR/MOE es muy alta, lo cual indica que la guadua es muy flexible y se debe analizar por el método de deflexiones admisibles donde se verifiquen deflexiones, flexión, cortante y aplastamiento siguiendo los planteamientos de la norma sismo resistente en G.12.8.

Se recomienda evitar hacer perforaciones en los culmos, pero en caso de ser necesario su máximo diámetro es de 3,81mm y es para rellenar con mortero.

Las deflexiones se calculan como elementos simplemente apoyados con las siguientes formulas según sea el caso:

$$A = \frac{\pi}{4} (D_e^2 - (D_e - 2t)^2) \quad (G.12.8-1)$$

Donde:

- A = área neta de la sección transversal de guadua, mm²
- D_e = diámetro exterior de la guadua, mm
- t = espesor de la pared de la guadua, mm

Ecuación Área de una Guadua Fuente: (Asociacion Colombianna de Ingenieria Sismica, 2010)

DEFLEXIONES

Se requiere el análisis de deflexiones admisibles por la relación MOR/MOE la cual es muy alta para la guadua angustifolia Kunt, para esto se aplican las ecuaciones de la tabla G.12.8-1

Tabla 27 Fórmulas para cálculo de deflexiones

Condición de carga	Deflexión
Carga Puntual en el centro de la luz	$\Delta = \frac{Pl^3}{48EI} K$ (G.12.8-2)
Carga distribuida	$\Delta = \frac{5}{384} \frac{\omega l^4}{EI} K$ (G.12.8-3)

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Tabla G.12.8-1)

Sea K un coeficiente determinado con la tabla G.12.8-2 del título G de la NSR-10.

Luego se hace la corrección por cortante como se indica en G.12.8.9.6 solamente si es necesario es decir, si la relación

$$I/D_e \leq 15.$$

Para definir la sección transversal mínima del elemento se deben determinar unas cargas de acuerdo a la temperatura y humedad, para hallar deflexiones inmediatas y diferidas que luego se igualan a las admisibles dando como resultado el momento de inercia requerido.

ESTABILIDAD LATERAL

La estabilidad lateral es verificada en vigas compuestas hallando la relación $d/b = C_L$ donde el coeficiente C_L se encuentra en la tabla G.12.8.5 y es el que afecta el esfuerzo a flexión admisible; con esta misma relación se determina si es o no necesario restringir el desplazamiento ya sea con un soporte lateral u otro tal como se muestra en NSR-10 G.12.8.10.7.

MOMENTO RESISTENTE

En este caso se verifica que el esfuerzo a flexión actuante sea menor que el esfuerzo a flexión admisible es decir,

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'_b$$

En donde:

(G.12.8-4)

- f_b = esfuerzo a flexión actuante, en MPa
 M = momento actuante sobre el elemento en N mm
 F'_b = esfuerzo admisible modificado, en MPa
 S = modulo de sección en mm³

Ecuación. Momento Resistente

Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010)

Donde el módulo de sección S

Tabla 28 Módulos de Sección para Vigas Compuestas

Sección	S (mm ³)
	$S = \frac{\pi (D_e^4 - [D_e - 2t]^4)}{32 D_e} \quad (G.12.8-5)$
	$\frac{\pi (5D_e^4 - 4D_e^2 [D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{32 D_e} \quad (G.12.8-6)$
	$\frac{\pi (35D_e^4 - 4D_e^2 [D_e - 2t]^2 - [D_e - 2t]^4)}{96 D_e} \quad (G.12.8-7)$

En donde:

- S = modulo de sección en mm³
 D_e = diámetro promedio exterior del culmo en mm
 t = espesor promedio de la pared del culmo en mm

Fuente: (Asociacion Colombiana de Ingenieria Sismica, 2010, Tabla G.12.8-6)

CORTANTE

Los esfuerzos máximos de corte se calculan a una distancia igual a la altura del elemento medida desde el apoyo excepto en voladizos y debe ser menor al esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras:

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left(\frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'_v \quad (\text{G.12.8-9})$$

Donde:

- f_v = esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa
- A = área de la sección transversal del elemento de guadua rolliza, en mm^2
- D_e = diámetro externo promedio de la sección de guadua rolliza, en mm
- t = espesor promedio de la sección de guadua rolliza, en mm
- F'_v = esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa
- v = fuerza cortante en la sección considerada, en N

Ecuación Esfuerzo a Cortante Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

APLASTAMIENTO

El aplastamiento o esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras son verificados especialmente en apoyos, uniones o puntos donde se concentren cargas en áreas pequeñas y que debe ser menor al esfuerzo admisible de compresión perpendicular.

$$f_p = \frac{3RD_e}{2t^2l} \leq F'_p \quad (\text{G.12.8-11})$$

En donde:

- F'_p = esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa
- f_p = esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa
- D_e = diámetro externo promedio de la sección de guadua rolliza, en mm
- t = espesor promedio de la sección de guadua rolliza, en mm
- l = longitud de apoyo, en mm
- R = Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N

Ecuación Esfuerzo de Compresión Perpendicular. Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

Si no se cumple lo anterior, es necesario reducir el esfuerzo en una cuarta parte

$$F'_p / 4$$

Finalmente todo cañuto que se encuentre sometido a compresión debe rellenarse con mortero.

➤ **DISEÑO ELEMENTOS A FUERZA AXIAL**

Son aquellos elementos solicitados por el centroide de la sección transversal en el eje longitudinal.

TENSION AXIAL

Los elementos diseñados a tensión axial no deben superar el esfuerzo admisible, también deben ser diseñados a flexo-compresión y evitar que sean sometidos a tensión perpendicular a la fibra por la poca resistencia que presentan.

$$f_t = \frac{T}{A_n} \leq F'_t \quad (\text{G.12.9-1})$$

En donde:

- f_t = esfuerzo a tensión actuante, en MPa
- T = fuerza de tensión axial aplicada, en N
- F'_t = esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa
- A_n = área neta del elemento, en mm^2

Ecuación Esfuerzo a Tensión Actuante
Sismica, 2010)

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería

COMPRESION AXIAL

El esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra no debe superar el esfuerzo admisible en esta misma para lo cual se clasifican las columnas en tres tipos dependiendo de su esbeltez como se plantea en NSR-10 sección G.12.9.2 obteniendo como resultado cualquiera de las siguientes:

Tabla 29 Clasificación de Columnas por Esbeltez

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sismica, 2010, Tabla G.12.9-2)

Donde:

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'_c}} \quad (\text{G.12.9-6})$$

Donde

F'_c = esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras, modificado, en MPa
 $E_{0.05}$ = módulo de elasticidad percentil 5, en MPa

Bajo ninguna circunstancia es aceptable trabajar con elementos de columna que tengan esbeltez mayor de 150.

Ecuación Esbeltez C_k

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

Teniendo el tipo de columna se pueden verificar los esfuerzos máximos con la ecuación correspondiente a cada uno.

Para columnas cortas aplicar:

$$f_c = \frac{N}{A_n} \leq F'_c \quad (\text{G.12.9-7})$$

Donde

f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
 N = fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N
 A_n = área neta de la sección transversal, en mm^2
 F'_c = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa

Ecuación Esfuerzo de Compresión Paralela a la Fibra

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

Columnas intermedias:

$$f_c = \frac{N}{A_n \left(1 - \frac{2}{5} \left[\frac{\lambda}{C_k} \right]^3 \right)} \leq F'_c \quad (\text{G.12.9-8})$$

Donde:

f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
 N = fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N
 A_n = área neta de la sección transversal, en mm^2
 F'_c = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa
 λ = esbeltez, fórmula G.12.9-3
 C_k = esbeltez que marca el límite entre columnas intermedias y largas, fórmula G.12.9-6

Ecuación Esfuerzo de Compresión Paralela a la Fibra

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

Columnas largas:

$$f_c = 3.3 \frac{E_{0.05}}{\lambda^2} \leq F'_c \quad (\text{G.12.9-9})$$

Donde:

- f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
- F'_c = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa
- λ = esbeltez, formula G.12.9-3
- $E_{0.05}$ = módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

Ecuación Esfuerzo de Compresión Paralela a la Fibra Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

➤ **DISEÑO ELEMENTOS A FLEXIÓN Y CARGA AXIAL**

FLEXIÓN Y TENSION AXIAL

Esto aplica para elementos que son sometidos de manera simultáneamente a solicitaciones por flexión y tensión axial.

$$\frac{f_t}{F'_t} + \frac{f_b}{F'_b} \leq 1.0 \quad (\text{G.12.10-1})$$

Donde:

- f_t = esfuerzo a tensión actuante, en MPa
- F'_t = esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa
- f_b = esfuerzo a flexión actuante, en MPa
- F'_b = esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

Ecuación Esfuerzos de Tensión y Flexión Actuante Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

FLEXO- COMPRESION

Aplica para elementos sometidos a fuerzas de flexión y compresión de manera simultánea para lo que usa la siguiente ecuación:

$$\frac{f_c}{F'_c} + \frac{k_m f_b}{F'_b} \leq 1.0 \quad (\text{G.12.10-2})$$

Donde:

- f_c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
- F'_c = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa
- f_b = esfuerzo a flexión actuante, en MPa
- F'_b = esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa
- K_m = coeficiente de magnificación de momentos, calculado con la formula G.12.10-3:

Ecuación Esfuerzos de Tensión y Flexión Actuante Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010)

➤ **RESISTENCIA DE MUROS DE BAHAREQUE ENCEMENTADO**

“Los valores obtenidos de las solicitaciones sobre cada uno de los muros, por carga vertical y por carga horizontal, en la dirección bajo consideración, deberán ser inferiores a los valores admisibles de trabajo expresados en la tabla E.A-1, de acuerdo con las características de estructuración y materiales empleados en cada tipo de muro”. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, E-A.6.1)

Tabla 30 Valores Admisibles en Muros de Bahareque Encementado.

	Cortante admisible, V (kN/m)	Tensión de compresión admisible, Fc (MPa)	Carga vertical máxima permisible (kN/m)	Fuerza admisible a tracción, T (kN)
SECCIÓN DE VERIFICACIÓN	Sección horizontal del borde inferior del muro	Sección neta del pie-derecho extremo del muro	Sección horizontal del borde inferior del muro	Anclaje del extremo del muro
COMPOSICIÓN DEL MURO				
Entramado de guadua y madera. Con dos diagonales, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas. Mínimo 40% de parales en madera aserrada. Parales extremos en madera aserrada. Solera y carrera en madera aserrada. Recubrimiento con esterilla, malla y pañete por ambas caras.	15	Grupo ES1 y ES2*	15.0	39
		Grupo ES3*	13.0	37
	12	Grupo ES4	10.0	35
	10	Grupo ES5	8.0	33
	7	Grupo ES6	5.0	31
Entramado de guadua. Con dos diagonales, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas. Solera y carrera en guadua. Recubrimiento con esterilla, malla y pañete por ambas caras	8	8	41	10

* Clasificación para madera aserrada, de acuerdo con el Título G de este reglamento.

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Tabla E.A-1)

➤ **UNIONES**

Las uniones se pueden hacer con platinas metálicas o con pernos cuando las solicitudes en este punto son muy grandes, para esta última forma de unión se plantean unos requisitos como el tipo de acero, el diámetro mínimo tanto de la perforación como del perno.

Tabla 31 Dimensiones Mínimas de arandelas para Uniones Empernadas.

Diámetro del perno (mm)	9.5	12.7	15.9
Espesor de la arandela (mm)	4	5	6
Diámetro externo arandelas (mm)	45	50	65

Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010, Tabla G.12.11-1)

Para casos donde las uniones pernadas no utilicen platinas y deberán llevar arandelas con las dimensiones establecidas en la tabla 31.

Tabla 32 Características mínimas para uniones

características mínimas	
acero industrial	$f_y \geq 240 \text{ MPA}$
diámetro mínimo	9.5 mm
espesor mínimo platinas	4.8 mm
diámetro perforación	1.5 mm + diámetro perno
diámetro máximo perforación para relleno	26 mm

Fuente: Autores

3.6. MODELACION EN ETABS®

SOFTWARE ETABS®

El programa ETABS® está enfocado para el análisis y diseño de estructuras altas, como edificios de oficinas, residenciales y hospitales. Realiza análisis estático y dinámico lineal y no lineal, permite la utilización de elementos no lineales tales como: aislantes antisísmicos, disipadores, amortiguadores, etc. Permite el análisis y diseño de estructuras 3D combinando pórticos y muros pantalla a través de una completa interacción entre ambos. Al igual que en el programa Sap2000 permite diseñar estructuras de acero, concreto armado tomando en cuenta las principales normativas. (Moreno, 2012)

Procedimiento para obtener un modelo aproximado de nuestro proyecto basado en los planos adjuntos (Ver lista de Anexos).

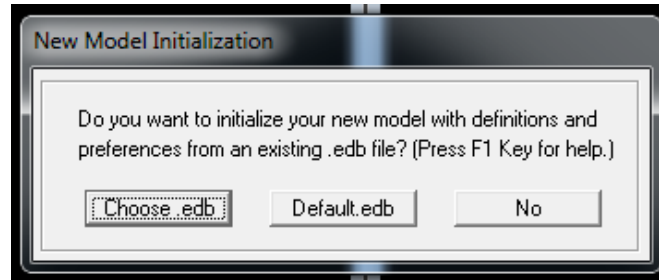
➤ INICIO DEL MODELO

En este paso, se fijan las dimensiones y alturas de los pisos. Luego, se define una lista de secciones que se ajusten a los parámetros solicitados por el ingeniero para el diseño.

Las unidades en las que se trabajara son los kN-m las cuales se cambiaran en la casilla de dialogo en la esquina inferior derecha de la ventana de ETABS®.

Al abrir un nuevo modelo lo primero que aparecerá es la venta de New model initialization, como se nos muestra en la figura 32. Seleccionar el botón No en el cuadro de la figura anterior para iniciar sin ningún archivo realizado previamente. Y aparecerá el cuadro mostrado en la figura.

Figura. 32 Formulario New Model Initialization

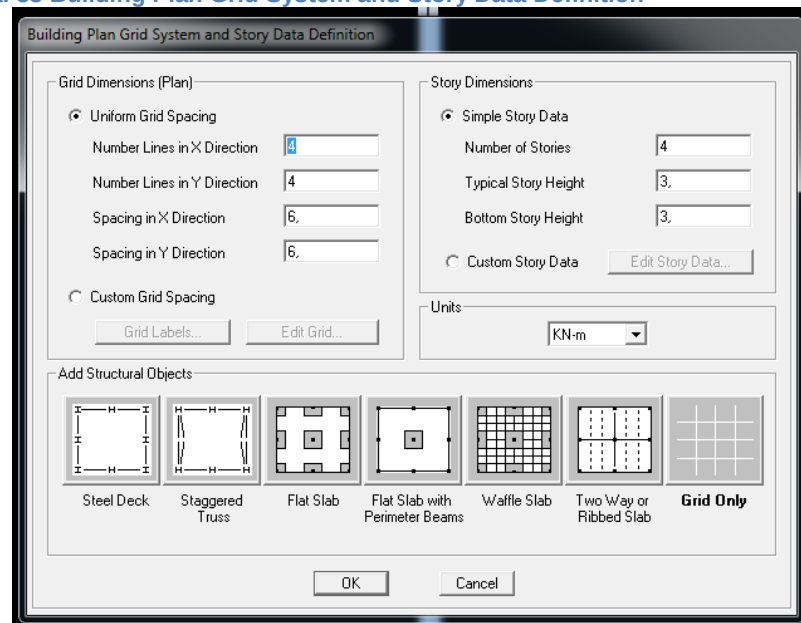


Fuente: Autores

➤ **ESTABLECER CORRDENADAS Y DIBUJAR LOS ELEMENTOS**

El formulario Building Plan Grid System and Story Data de la figura 34 es usado para especificar el espaciamiento de la líneas horizontales de la cuadrícula, los datos de los niveles y en algunos casos, modelos de plantillas. Los modelos de plantillas proporcionan una forma rápida y fácil de iniciar su modelo.

Figura. 33 Building Plan Grid System and Story Data Definition



Fuente: Autores

También se tiene que proporcionar las elevaciones de los pisos de nuestra vivienda para esto entramos al formulario denominado como Story Data, en él se especifica los pisos, sus elevaciones y la altura total de nuestra edificación. Como lo podemos ver en la figura.34.

[illegible]

Para que al momento de dibujar nuestros elementos tanto de vigas como de columnas se optó por consignar las coordenadas de cada elemento y por consiguiente dibujarlo en el plano.

➤ **DEFINIR MATERIALES Y SECCIONES**

MATERIALES

Para este caso se definieron dos tipos de materiales los cuales son la guadua (figura 35) y el acero (figura 36) para la cubierta los parámetros ya mencionados antes.

Figura. 35 Material Property Data

Material Property Data

Material Name G

Type of Material
☐ Isotropic ☒ Orthotropic

Analysis Property Data

Mass per unit Volume		7.8453
Weight per unit Volume		800.
Modulus of Elasticity	Dir 1	9500.
	Dir 2	9500.
	Dir 3	9500.
Poisson's Ratio	Plane 12	0.4
	Plane 13	0.4
	Plane 23	0.4
Coeff of Thermal Expan	Dir 1	3.000E-06
	Dir 2	2.500E-06
	Dir 3	1.500E-06
Shear Modulus	Plane 12	380.
	Plane 13	380.
	Plane 23	380.

Design Property Data (ACI 318-08/IBC 2009)

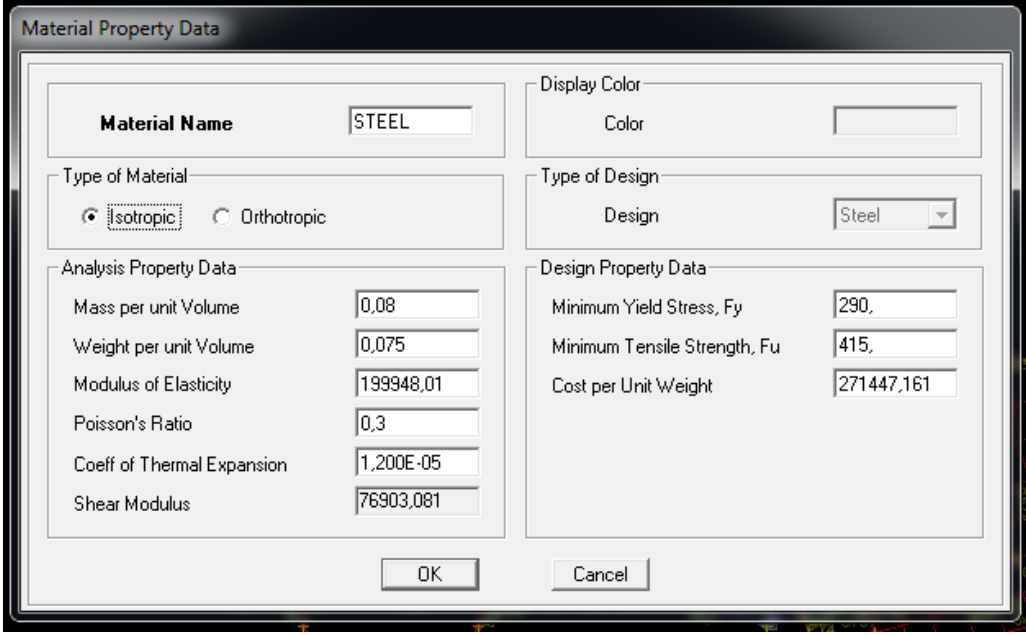
Specified Conc Comp Strength, f'c	27579.0316
Bending Reinf. Yield Stress, fy	413685.47
Shear Reinf. Yield Stress, fys	413685.47
☐ Lightweight Concrete	
Shear Strength Reduc. Factor	

Display Color
Color

OK Cancel

Fuente: Autores

Figura. 36 Material Property Da

The image shows a software dialog box titled "Material Property Data". It is divided into several sections. At the top left, there is a "Material Name" field containing the text "STEEL". To its right is a "Display Color" section with a "Color" label and an empty color selection box. Below the material name, there is a "Type of Material" section with two radio buttons: "Isotropic" (which is selected) and "Orthotropic". To the right of this is a "Type of Design" section with a "Design" label and a dropdown menu currently showing "Steel". The bottom half of the dialog is split into two columns of input fields. The left column, titled "Analysis Property Data", includes fields for "Mass per unit Volume" (0,08), "Weight per unit Volume" (0,075), "Modulus of Elasticity" (199948,01), "Poisson's Ratio" (0,3), "Coeff of Thermal Expansion" (1,200E-05), and "Shear Modulus" (76903,081). The right column, titled "Design Property Data", includes fields for "Minimum Yield Stress, Fy" (290), "Minimum Tensile Strength, Fu" (415), and "Cost per Unit Weight" (271447,161). At the bottom center are "OK" and "Cancel" buttons.

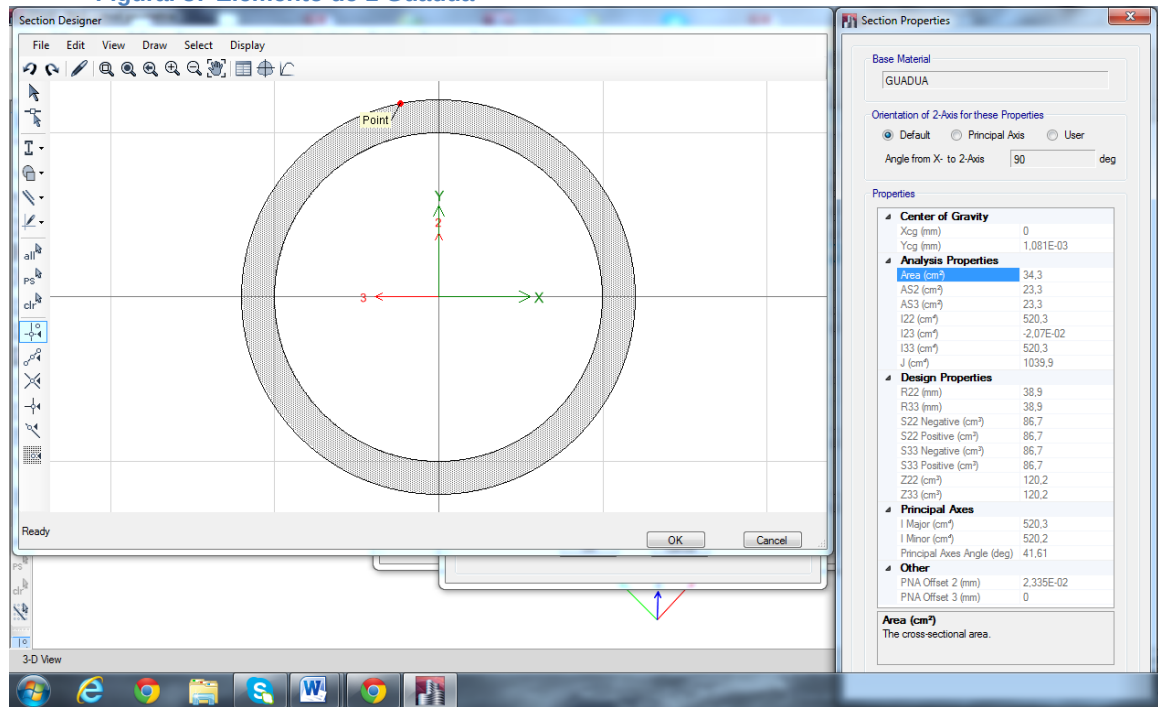
Fuente: Autores

➤ **OTORGAR LAS SECCIONES A LOS ELEMENTOS**

Como la edificación no está estructurada con elementos de geometría común como columnas o vigas de sección rectangular, cuadrada o circular se precisó utilizar la herramienta que se encuentra en el programa llamada, Section Designer la cual proporciona también las propiedades geométricas de cada configuración de guadas.

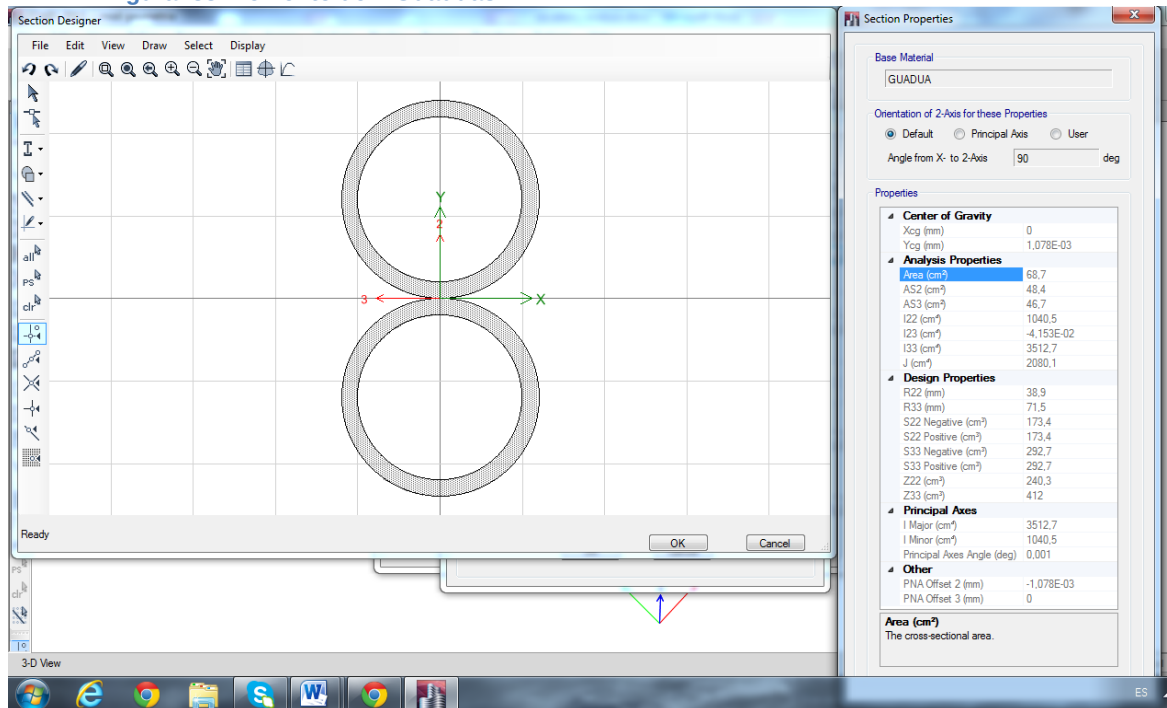
Las secciones modelas son denominadas: 1G (figura.37), 2G(figura.38), 3GL(figura39.), 4GT(figura.40), 4G(figura.41), 6G(figura42), 8G(figura.43), 9G(figura44), 12G(figura.45).

Figura. 37 Elemento de 1 Guadua



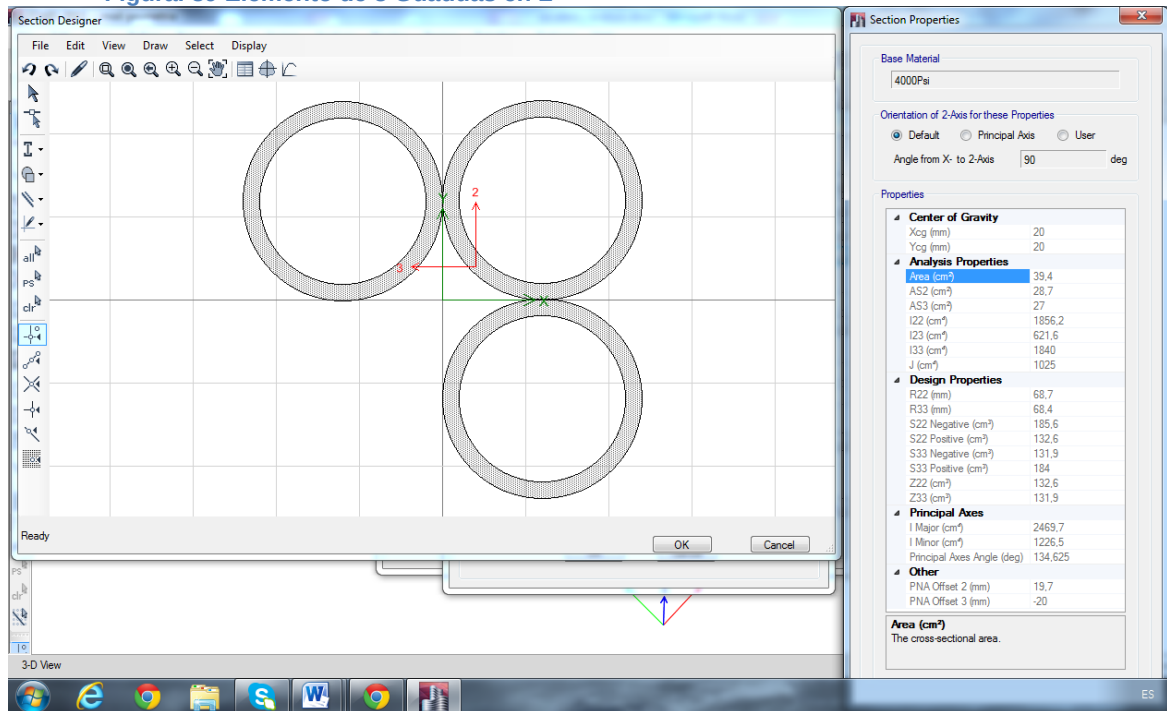
Fuente: Autores

Figura. 38 Elemento de 2 Guaduas



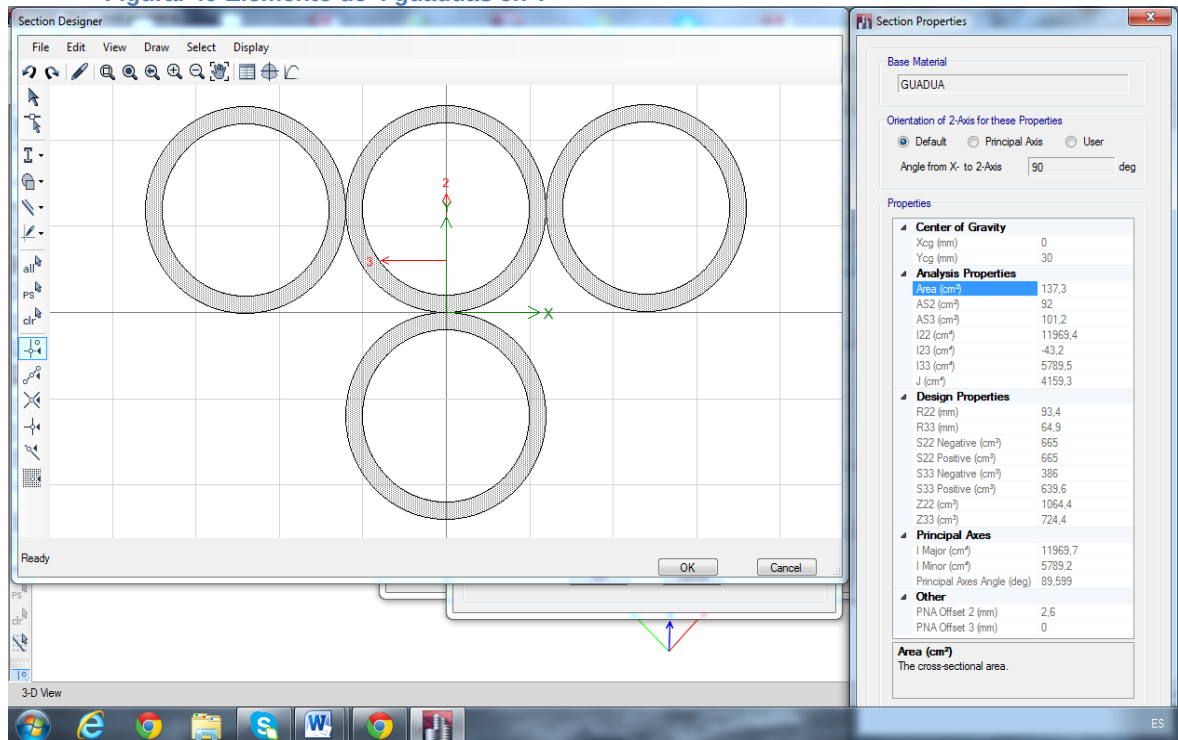
Fuente: Autores

Figura. 39 Elemento de 3 Guaduas en L



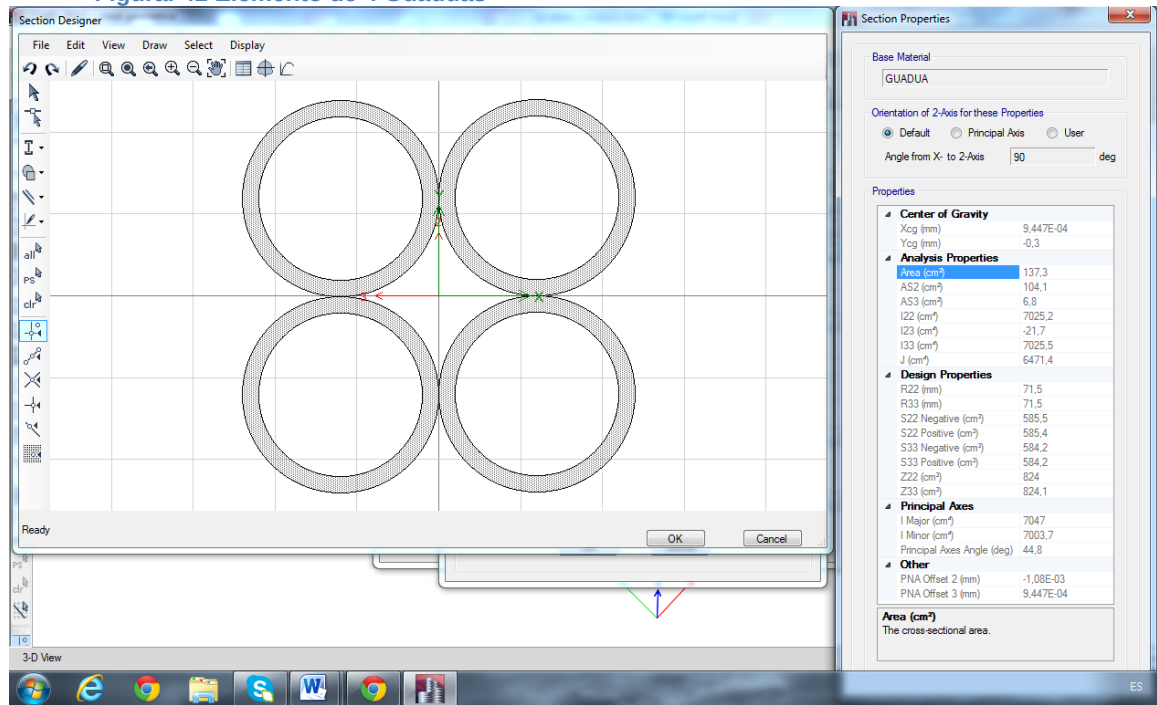
Fuente: Autores

Figura. 40 Elemento de 4 guaduas en T



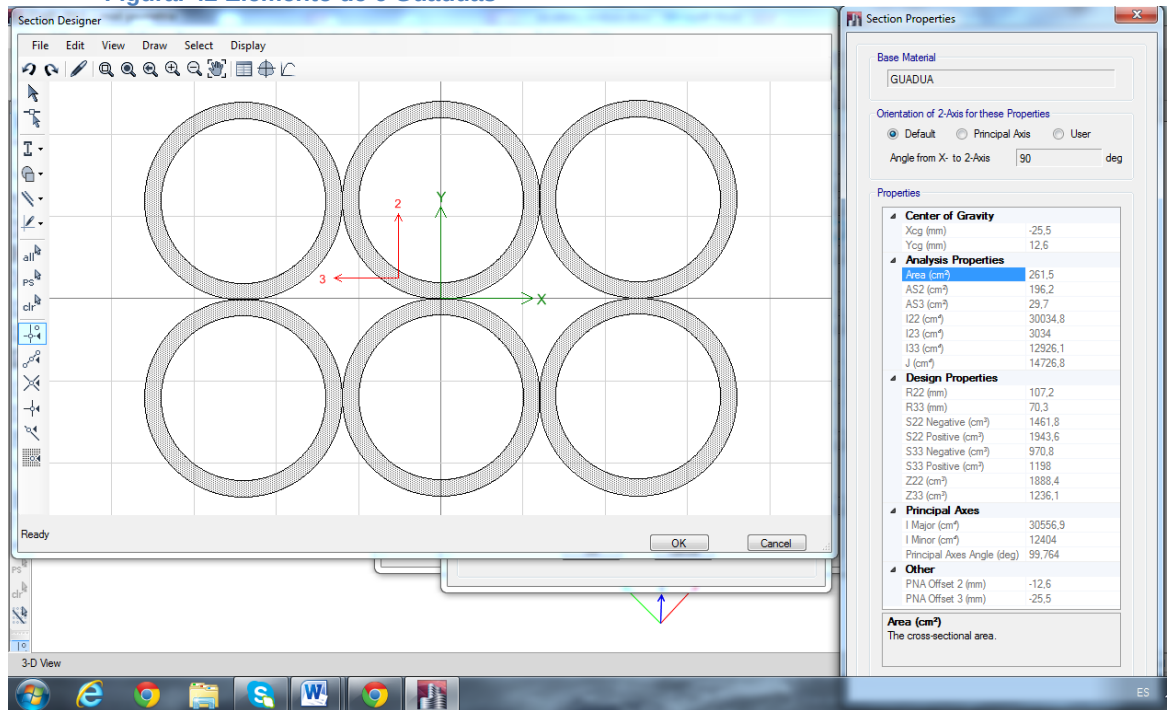
Fuente: Autores

Figura. 41 Elemento de 4 Guaduas



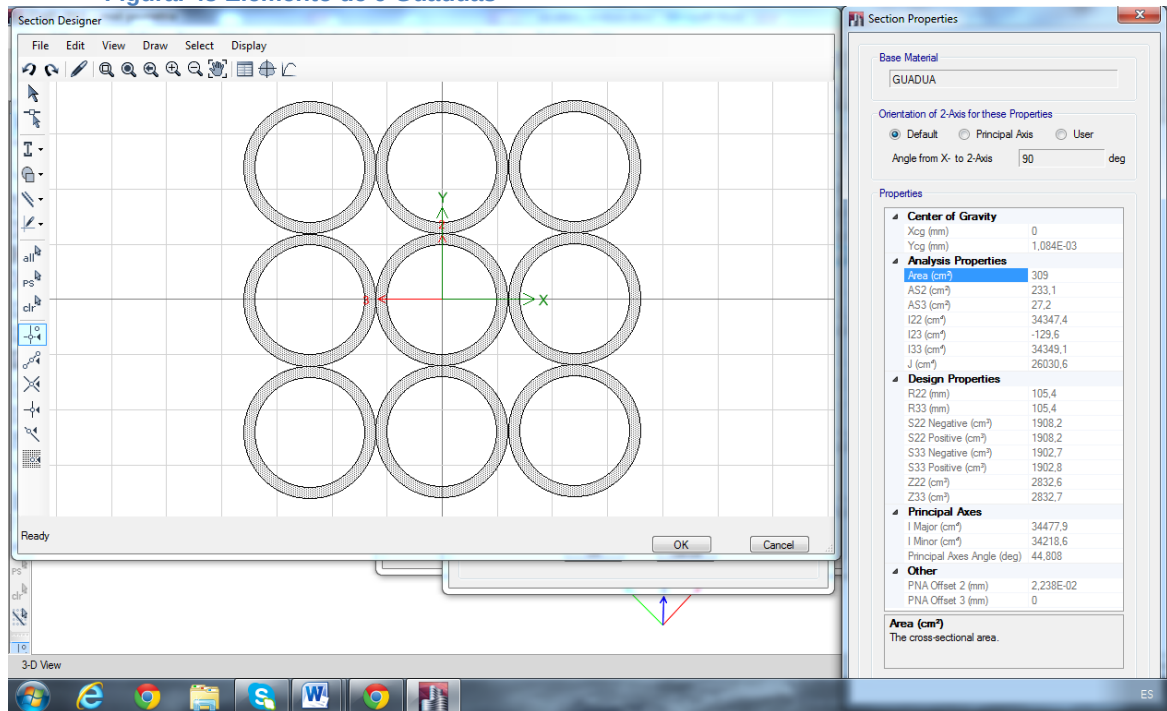
Fuente: Autores

Figura. 42 Elemento de 6 Guaduas



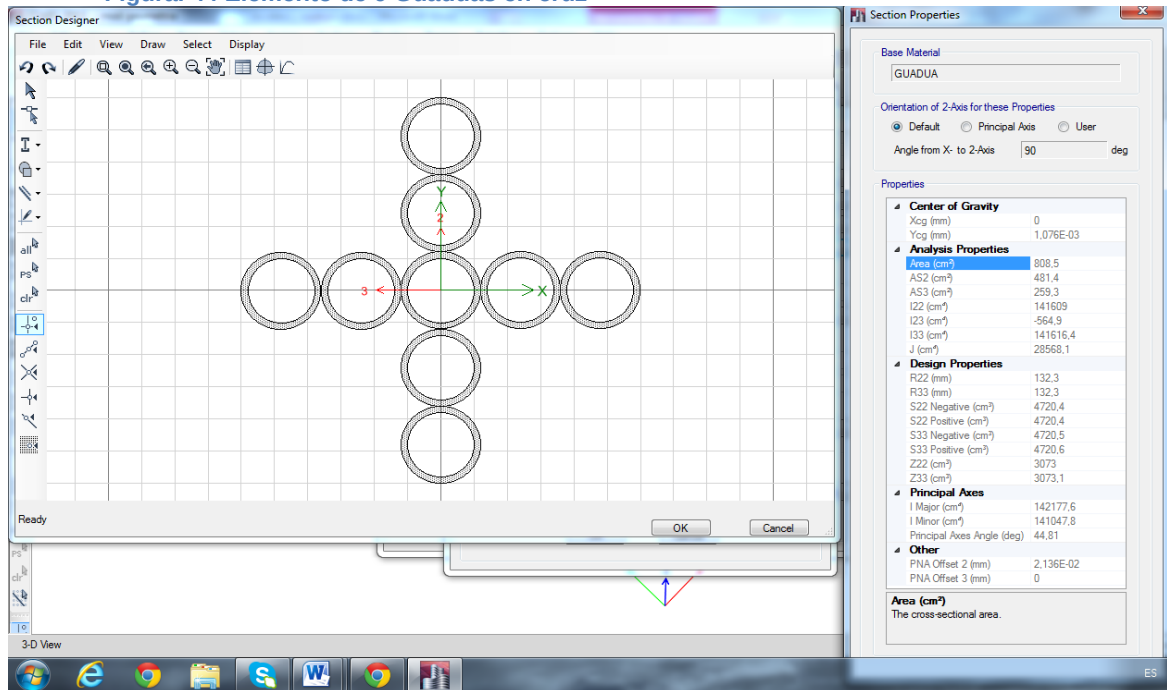
Fuente: Autores

Figura. 43 Elemento de 9 Guaduas



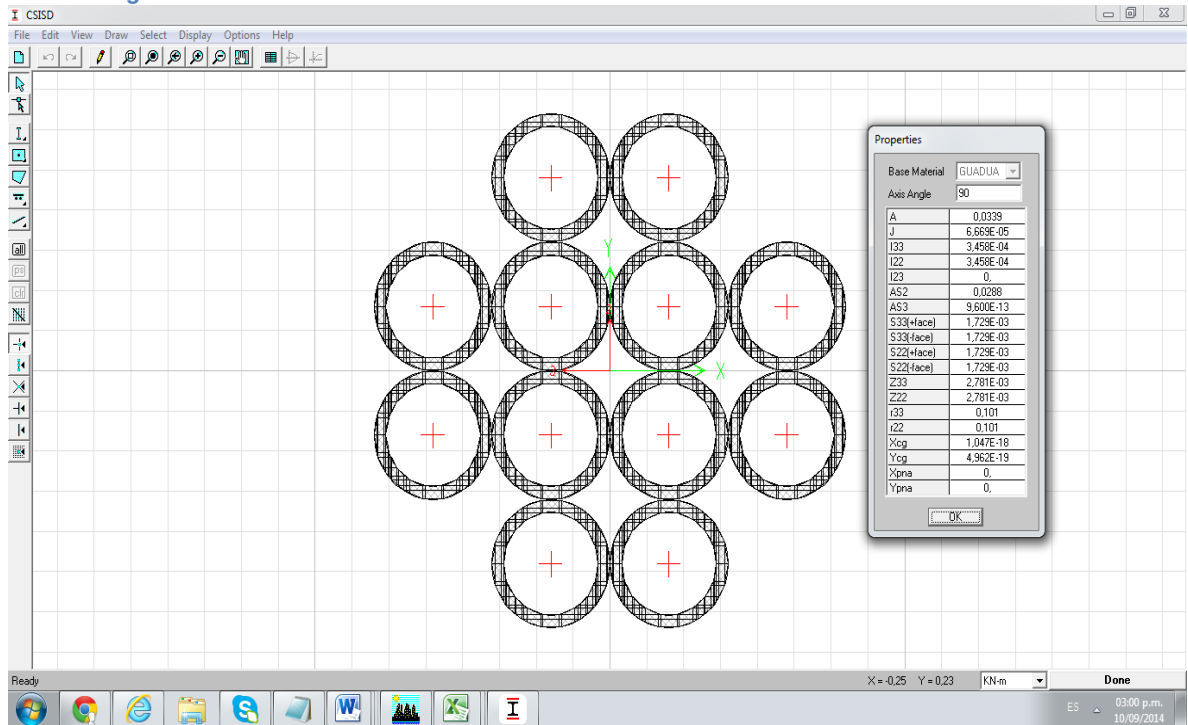
Fuente: Autores

Figura. 44 Elemento de 9 Guaduas en cruz



Fuente: Autores

Figura. 45 Elemento de 12 Guaduas en cruz

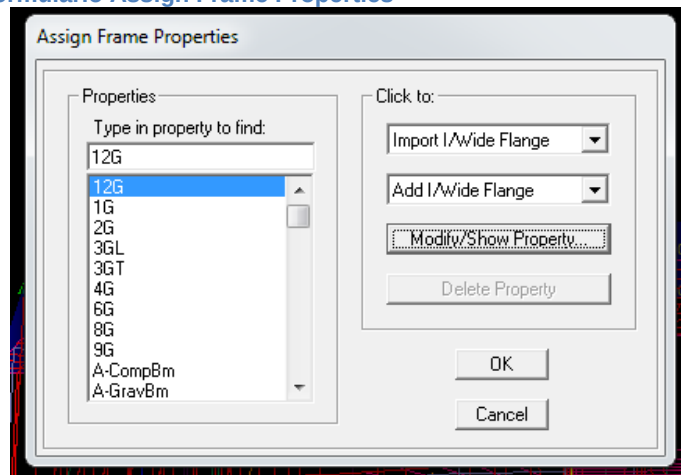


Fuente: Autores

➤ ASIGNACION DE LOS ELEMENTOS

Para este paso se selecciona elemento por elemento y se le asigna un tipo de sección de las que ya hemos creado anteriormente, esto se hace mediante la ventana llamada Assign Frame Properties mostrada en la figura.46.

Figura. 46 Formulario Assign Frame Properties



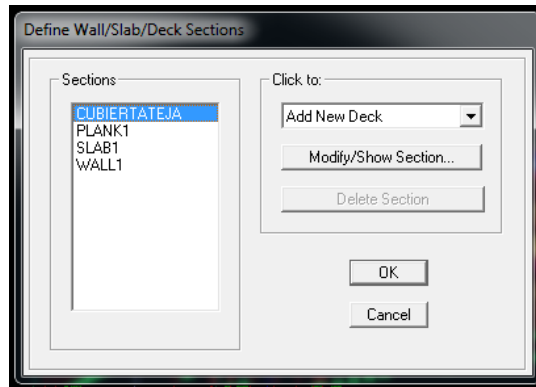
Fuente: Autores

➤ **DIBUJAR LA CUBIERTA**

Se necesitaba establecer una cubierta que evidenciara lo más próximo el comportamiento bajo la acción de barlovento y sotavento por esto se modeló con un material de acero calibre 26 ya que es el más representativo en una teja termoacústica. También se tuvo en cuenta las pendientes según los planos y para ello se extendieron algunas columnas y así poder dibujar mejor.

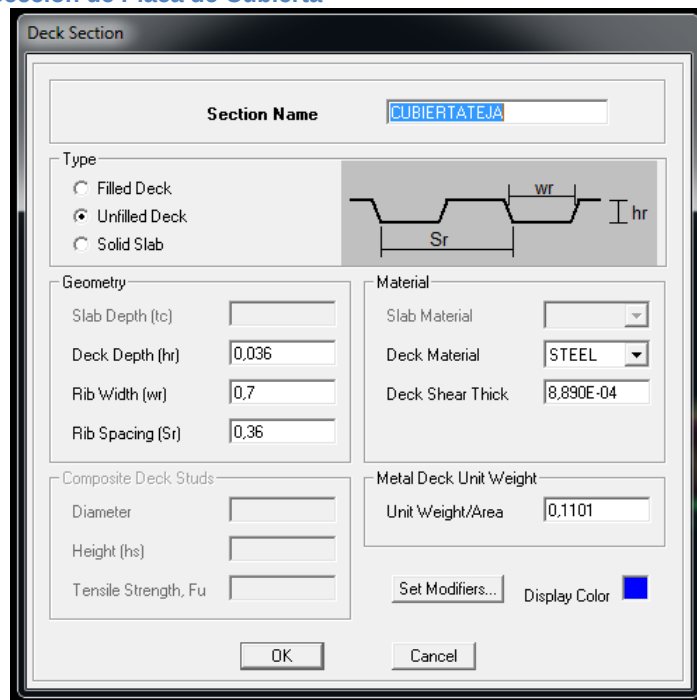
Los formularios que se deben establecer son los siguientes

Figura. 47 Definir Sección de Cubierta



Fuente: Autores

Figura. 48 Sección de Placa de Cubierta

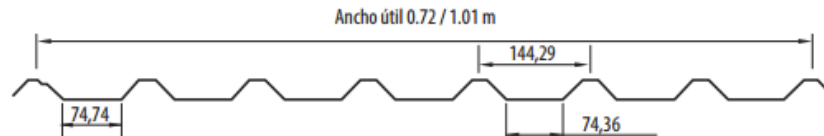


Fuente: Autores

Las propiedades de la lámina fueron obtenidas mediante estas tablas y figuras.

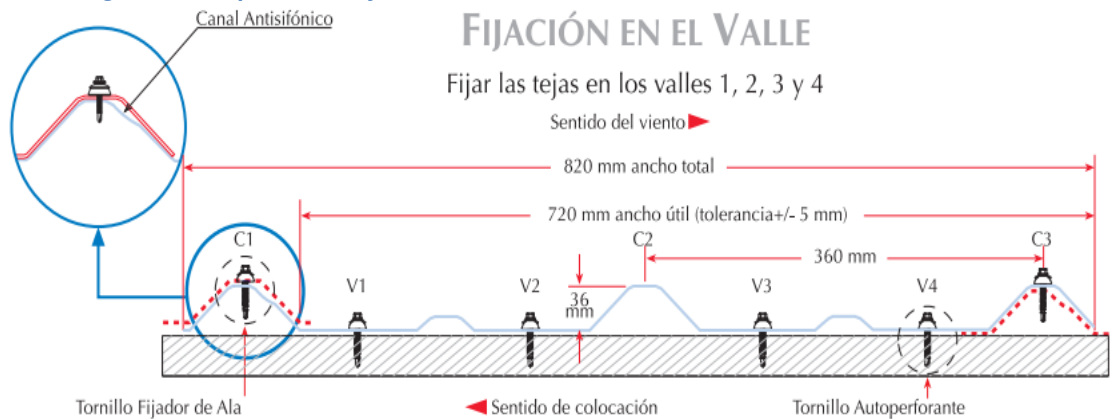
Figura. 49 Esquema Dimensional Cubierta

Cubierta Arquitectónica



Fuente: (acesco, s.f.)

Figura. 50 Esquema de Fijaciones en Cubierta

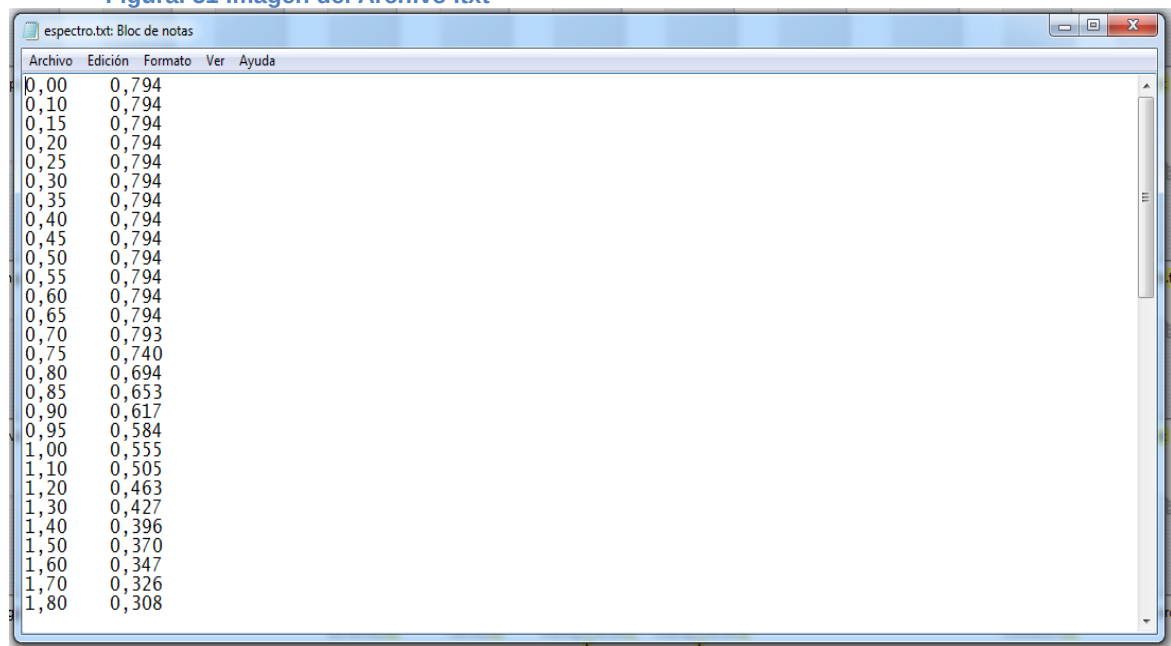


Fuente: (Ajoer, s.f.)

➤ AGREGAR EL ESPECTRO AL MODELO

Para poder cargar el modelo se debe crear un archivo tipo txt que se llamó espectro.txt (figura 51) con el periodo y las aceleraciones que se obtuvieron con el espectro de diseño.

Figura. 51 Imagen del Archivo .txt

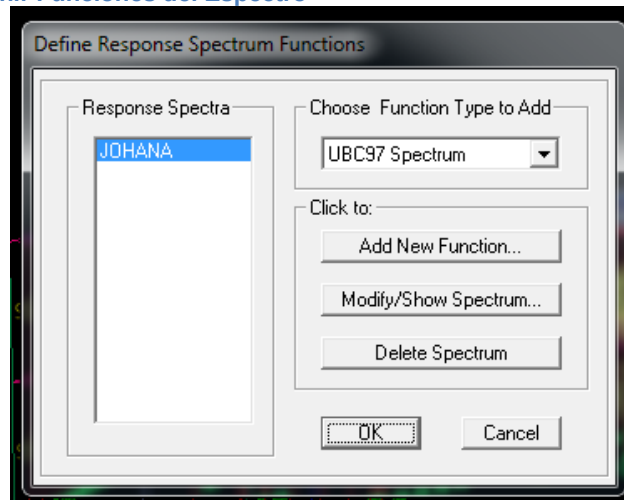


Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda
0,00	0,794			
0,10	0,794			
0,15	0,794			
0,20	0,794			
0,25	0,794			
0,30	0,794			
0,35	0,794			
0,40	0,794			
0,45	0,794			
0,50	0,794			
0,55	0,794			
0,60	0,794			
0,65	0,794			
0,70	0,793			
0,75	0,740			
0,80	0,694			
0,85	0,653			
0,90	0,617			
0,95	0,584			
1,00	0,555			
1,10	0,505			
1,20	0,463			
1,30	0,427			
1,40	0,396			
1,50	0,370			
1,60	0,347			
1,70	0,326			
1,80	0,308			

Fuente: Autores

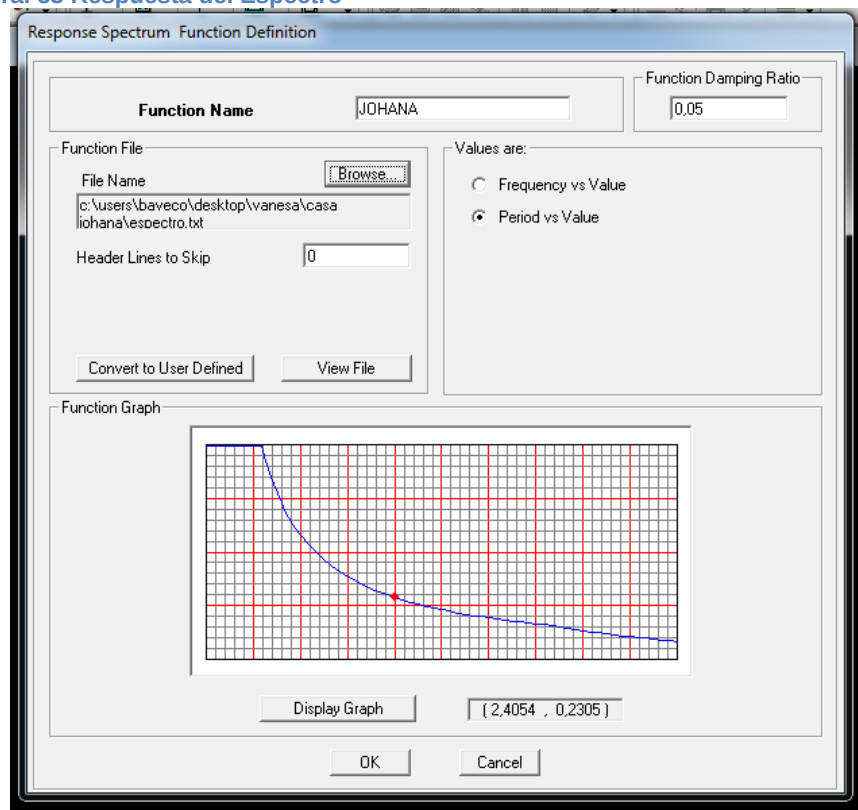
Se ingresa al modelo mediante los siguientes formularios.

Figura. 52 Definir Funciones del Espectro



Fuente: Autores

Figura. 53 Respuesta del Espectro

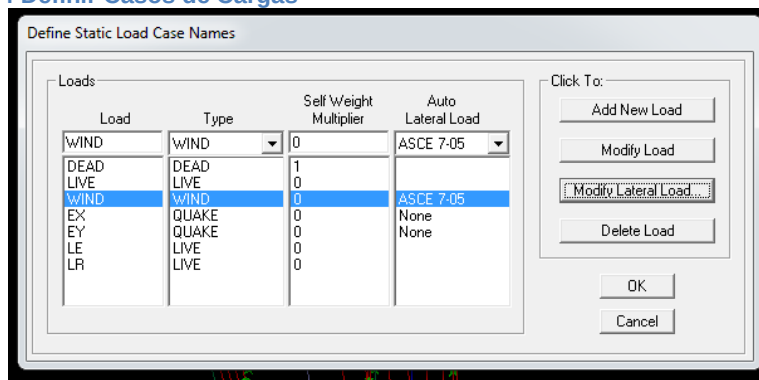


Fuente: Autores

En los anteriores formularios se estipula el nombre del espectro, se ingresa los valores de periodo y aceleración que ya fueron analizados en el capítulo de análisis espectral.

➤ **DEFINIR LAS CARGAS Y SUS COMBINACIONES**

Figura. 54 Definir Casos de Cargas



Fuente: Autores

Las cargas tanto muertas como vivas se deben ingresar mediante la estimación del ancho aferente de cada elemento para poder convertir estas cargas en distribuidas. Estas cargas están estimadas mediante una hoja de cálculo (ver anexo digital tablas 34-37).

CARGAS DE VIENTO

Las cargas de viento fueron anteriormente estimadas, y asignadas para cada columna mediante la determinación del sentido correcto de aplicación para cada una de ellas en efecto de sotavento y barlovento, se establecieron de forma uniforme teniendo en cuenta el ancho aferente. Ver en el anexo digital tabla 38 y 39.

Para que ETABS calcule por sí solo las cargas por viento se establecen estas características según la normativa con la que se vaya a analizar en este caso se optó por la ASCE 7-05. Los datos solicitados por el software fueron obtenidos del análisis según la NSR-10 (ver tabla 19)

Figura. 55 Cargas de Viento

Fuente: Autores

Para este modelo no se obtuvo las cargas de viento automáticas ya que la versión del programa no contenía en su base de datos los códigos.

➤ **CARGAR EL MODELO**

Con los valores de cargas distribuidas de cada tipo se asigna por elemento según sea necesario. Para esto se selecciona el elemento y se dirige al menú Assign y se elige la opción de frame/ line loads, distributed y se abrirá la siguiente ventana.

Figura. 56 Asignar Cargas Distribuidas

Trapezoidal Loads				
	1	2	3	4
Distance	0.	0,25	0,75	1.
Load	0.	0.	0.	0.

Fuente: Autores

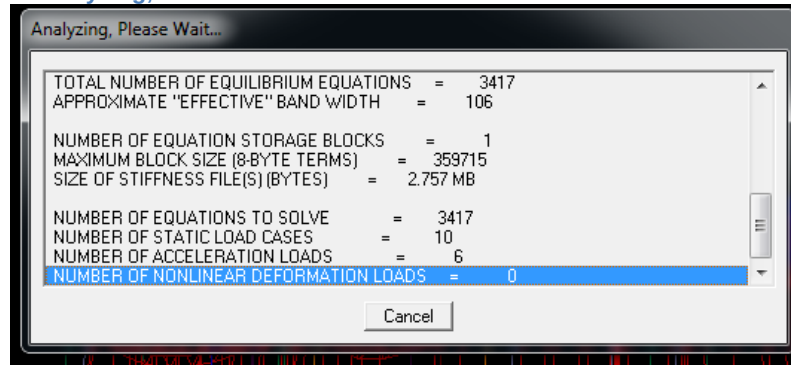
En esta ventana se puede otorgar la magnitud de dos formas teniendo diferencia de cargas en todo el elemento o simplemente una carga distribuida igual en toda la viga o columna.

➤ **EJECUTAR EL ANALISIS Y OBTENER RESULTADOS**

Para este paso se debe hacer click en el comando Analyze menú > Run analysis o el botón Run Análisis, y haga click en el botón Run en el cuadro Run Options.

El programa creará el modelo de análisis para los objetos basados en el modelo de ETABS, y pronto presentará una ventana “Analyzing, Please Wait” (figura57).

Figura. 57 Analyzing, Please Wait



Fuente: Autores

Los datos se desarrollan en esta ventana conforme el programa ejecuta el análisis. Después de haber sido completado el análisis, el programa realiza algunas acciones adicionales que son mostradas en la barra de estado en la esquina inferior izquierda de la ventana del ETABS.

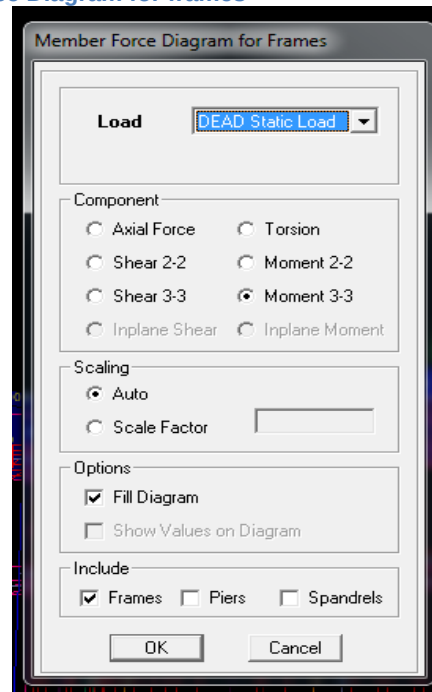
Cuando el proceso entero de análisis se haya completado, el modelo automáticamente muestra una vista de la forma de la deformada del modelo, y el modelo se bloquea, el modelo es bloqueado cuando el botón Lock/Unlock Model aparece cerrado, bloqueando el modelo prevenimos cualquier cambio en el modelo que invalidaría los resultados del análisis.

➤ **REVISIÓN GRAFICA DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS**

En este paso, los resultados del análisis serán revisados usando la representación gráfica de los resultados.

Se debe hacer click en el botón Show Frame/Pier/Spandrel Forces o los comandos Display menú > Show Member Force/Stresses Diagram > Frame/Pier/Spandrel Forces para presentar el cuadro Member Force Diagram for Frames mostrado en la figura 58.

Figura. 58 Member Force Diagram for frames

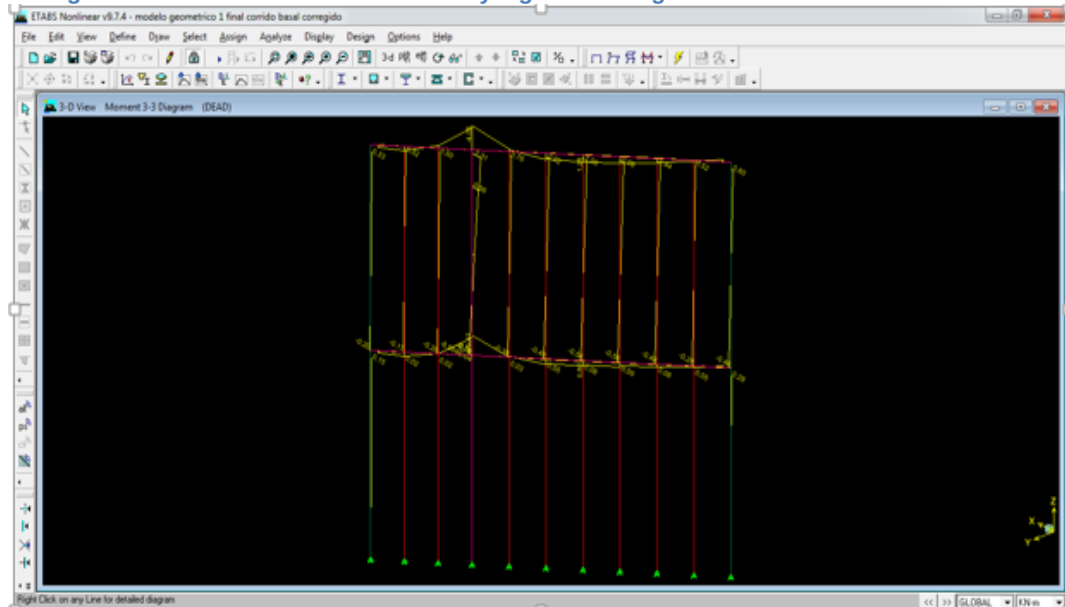


Fuente: Autores

- TM Se selecciona la casilla Load la carga que se desea observar.
- TM Se selecciona la opción Moment 3-3.
- TM Se deselecciona Fill Diagram si estuviera seleccionada.
- TM Se selecciona la casilla Show Values on Diagram.

Se hace click en el botón OK para generar la salida del diagrama de momentos mostrado en la figura 59.

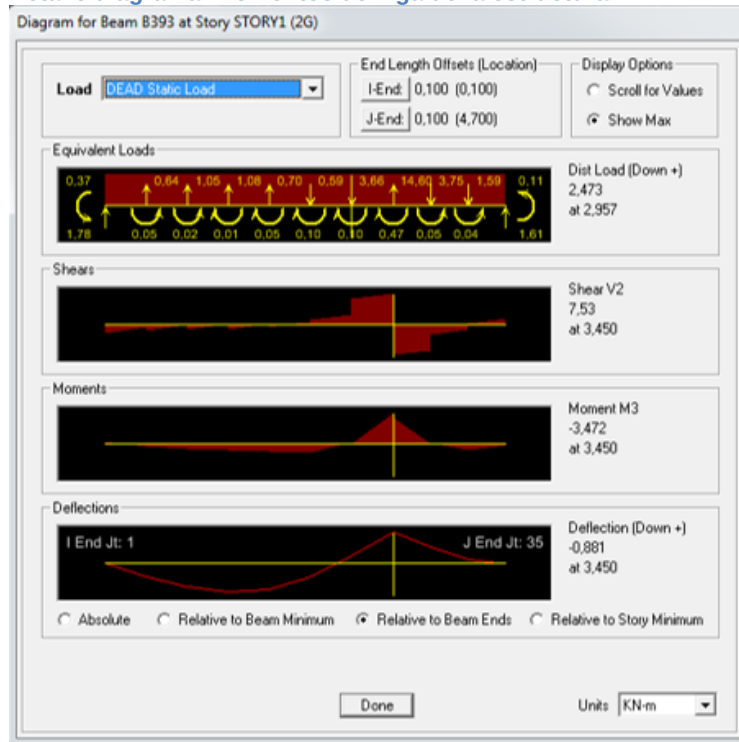
Figura. 59 Vista sección de columnas y vigas con diagrama de momentos



Fuente: Autores

Hacer click con el botón derecho del Mouse en el nivel superior de la viga entre los ejes que desea para presentar el cuadro Diagram for Beam mostrada en la Figura.60

Figura. 60 Detalle diagrama Momentos de viga de la estructura



Fuente: Autores

➤ COMPROBACIÓN DE RESULTADOS

Se determinara el diseño de una casa familiar de 2 niveles, el primer y segundo nivel de 2,8m cada uno, el tercer nivel es la representación de la cubierta. Se estudiaran y verificaran dos vigas de cada piso teniendo las cargas más altas de la estructura. Por otro lado se verificaran cuatro columnas las cuales se escogieron por su carga o por su importancia en la estructura.

A continuación se presentaran las tablas resumen con los datos utilizados en para la verificación de los diseños. Las vigas serán las nombradas con los códigos: B31, B153, B384, B404; las columnas son: C1, C6, C29, C33.

VIGAS

Figura. 61 Viga B31



Fuente: Autores

Tabla 33 Resumen Resultados B31

Story	Beam	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY2	B31	ENVDIS M	1,423	10,04	1,21	0,45	0,071	-0,177	0,913
STORY2	B31	ENVDIS M	1,092	10,04	-0,55	0,45	0,071	-0,128	0,727
STORY2	B31	ENVDIS M	0,762	10,04	-1,95	0,45	0,071	-0,078	-0,109
STORY2	B31	ENVDIS M	0,762	9,93	-0,47	0,27	-0,047	-0,082	-0,076
STORY2	B31	ENVDIS M	0,431	9,93	-1,87	0,27	-0,047	-0,039	-0,521
STORY2	B31	ENVDIS M	0,1	9,93	-3,27	0,27	-0,047	0,008	-1,377

Fuente: Autores

Figura. 62 Viga B153



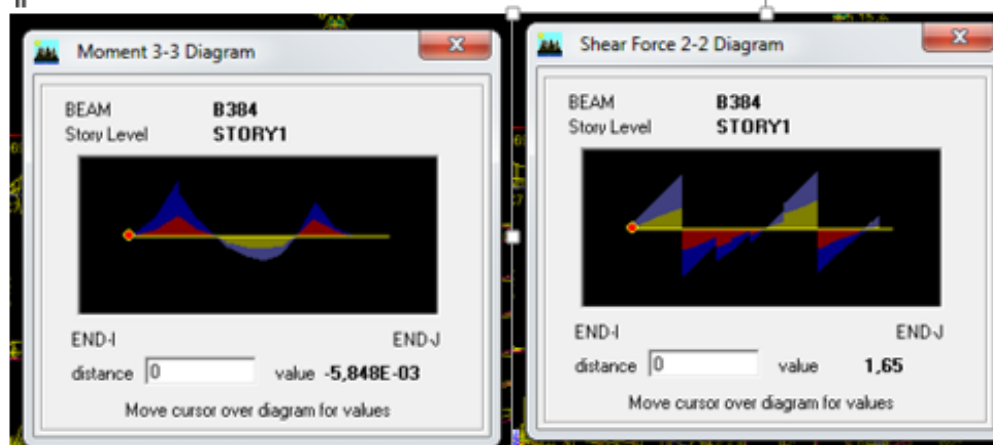
Fuente: Autores

Tabla 34 Resumen Resultados B153

Story	Beam	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY2	B153	ENVDIS M	3,914	15	0,51	0,12	-0,007	0,27	-0,181
STORY2	B153	ENVDIS M	3,563	15	-0,28	0,12	-0,007	0,276	-0,271
STORY2	B153	ENVDIS M	3,211	15	-0,8	0,12	-0,007	0,287	-0,528
STORY2	B153	ENVDIS M	0,15	5,64	-0,09	0,06	0,033	-0,024	-0,316
STORY2	B153	ENVDIS M	0,476	5,64	0,62	0,06	0,033	-0,022	-0,367
STORY2	B153	ENVDIS M	0,803	5,64	1,42	0,06	0,033	0,002	-0,567
STORY2	B153	ENVDIS M	1,606	3,99	0,37	0,11	0,019	-0,043	-0,015
STORY2	B153	ENVDIS M	1,204	3,99	-0,36	0,11	0,019	-0,019	-0,116
STORY2	B153	ENVDIS M	0,803	3,99	-0,95	0,11	0,019	0,008	-0,437
STORY2	B153	ENVDIS M	2,408	1,59	0,48	0,1	0,012	-0,089	0,784
STORY2	B153	ENVDIS M	2,007	1,59	-0,32	0,1	0,012	-0,068	0,769
STORY2	B153	ENVDIS M	1,606	1,59	-0,91	0,1	0,012	-0,043	0,352
STORY2	B153	ENVDIS M	2,81	-0,8	-0,2	0,03	-0,037	-0,056	1,005
STORY2	B153	ENVDIS M	3,211	-0,8	0,78	0,03	-0,037	-0,052	0,993
STORY2	B153	ENVDIS M	2,408	-0,8	-0,79	0,03	-0,037	-0,05	0,712

Fuente: Autores

Figura. 63 Viga B384



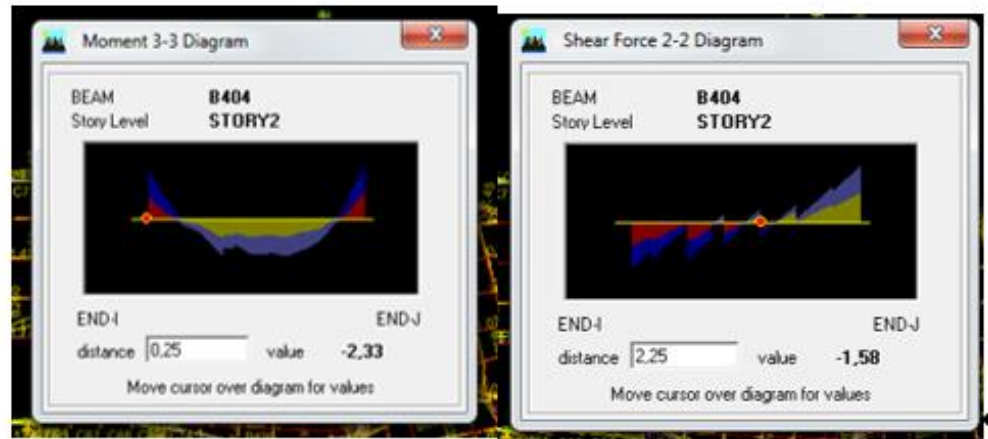
Fuente: Autores

Tabla 35 Resumen Resultados B384

Story	Beam	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY1	B384	ENVDIS M	3,725	9,25	-4,43	0,41	0,002	0,228	-2,136
STORY1	B384	ENVDIS M	4,133	9,25	-2,61	0,41	0,002	0,163	-0,696
STORY1	B384	ENVDIS M	4,542	9,25	-0,79	0,41	0,002	0,254	0,243
STORY1	B384	ENVDIS M	4,95	9,25	3,32	0,41	0,002	0,419	-0,044
STORY1	B384	ENVDIS M	2,362	4,44	-1,27	0,07	0,008	0,059	2,487
STORY1	B384	ENVDIS M	2,703	4,44	0,41	0,07	0,008	0,12	2,988
STORY1	B384	ENVDIS M	3,044	4,44	4,12	0,07	0,008	0,18	2,219
STORY1	B384	ENVDIS M	1,968	4,37	-2,2	0,06	-0,009	0,024	1,412
STORY1	B384	ENVDIS M	2,362	4,37	-0,44	0,06	-0,009	0,036	2,46
STORY1	B384	ENVDIS M	1	4,29	-4,89	0,59	0,005	0,498	-2,405
STORY1	B384	ENVDIS M	1,341	4,29	-3,37	0,59	0,005	0,299	-0,997
STORY1	B384	ENVDIS M	1,681	4,29	-1,85	0,59	0,005	0,1	-0,105
STORY1	B384	ENVDIS M	1,681	4,23	-4,27	0,63	-0,019	0,139	-0,13
STORY1	B384	ENVDIS M	1,968	4,23	-2,99	0,63	-0,019	0,039	1,523
STORY1	B384	ENVDIS M	3,044	4,12	5,98	0,95	0,025	0,341	2,269
STORY1	B384	ENVDIS M	3,384	4,12	9,56	0,95	0,025	0,303	-0,194
STORY1	B384	ENVDIS M	3,725	4,12	13,29	0,95	0,025	0,439	-2,184
STORY1	B384	ENVDIS M	0	0,53	1,65	0,55	0,045	0,026	-0,002
STORY1	B384	ENVDIS M	0,5	0,53	7,13	0,55	0,045	0,275	-0,789
STORY1	B384	ENVDIS M	1	0,53	12,6	0,55	0,045	0,539	-2,691

Fuente: Autores

Figura. 64 Viga B404



Fuente: Autores

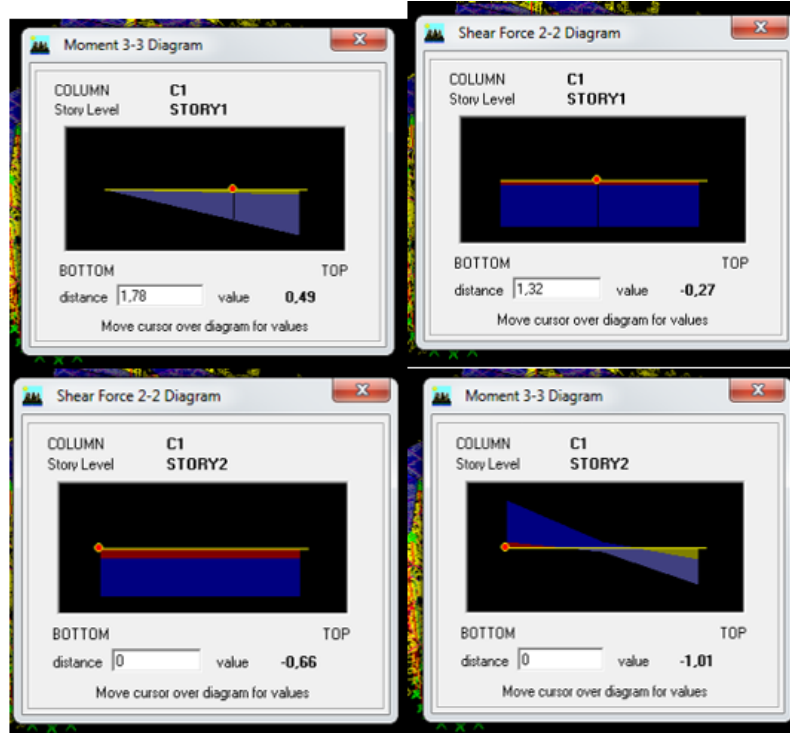
Tabla 36 Resumen Resultados B404

Story	Beam	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY2	B404	ENVDIS M	1,473	9,13	-0,7	-1,04	0,106	0,371	1,708
STORY2	B404	ENVDIS M	1,111	9,13	-2,3	-1,04	0,106	-0,183	0,589
STORY2	B404	ENVDIS M	1,111	9,09	-0,02	-0,7	0,003	-0,205	0,612
STORY2	B404	ENVDIS M	0,833	9,09	-1,25	-0,7	0,003	-0,404	0,256
STORY2	B404	ENVDIS M	0,555	9,09	-2,48	-0,7	0,003	-0,6	-0,339
STORY2	B404	ENVDIS M	3,332	9,06	4,12	3,87	0,096	-0,251	0,146
STORY2	B404	ENVDIS M	3,788	9,06	7,5	3,87	0,096	-1,149	-1,292
STORY2	B404	ENVDIS M	0,555	9,04	-1,72	-1,88	-0,033	-0,713	-0,272
STORY2	B404	ENVDIS M	0,25	9,04	-3,07	-1,88	-0,033	-1,288	-1,005
STORY2	B404	ENVDIS M	2,777	8,99	0,58	1,36	0,025	0,336	1,437
STORY2	B404	ENVDIS M	3,055	8,99	2,65	1,36	0,025	-0,022	0,989
STORY2	B404	ENVDIS M	3,332	8,99	4,71	1,36	0,025	-0,192	-0,015
STORY2	B404	ENVDIS M	1,666	8,97	1,16	1,81	-0,134	0,032	1,352
STORY2	B404	ENVDIS M	1,473	8,97	-0,13	1,81	-0,134	0,379	1,346
STORY2	B404	ENVDIS M	1,944	8,93	-0,12	0,01	-0,016	0,225	1,642
STORY2	B404	ENVDIS M	2,222	8,93	1,83	0,01	-0,016	0,281	1,547
STORY2	B404	ENVDIS M	1,666	8,93	-1,35	0,01	-0,016	0,203	1,165
STORY2	B404	ENVDIS M	2,222	8,92	-1,01	-0,03	0,01	0,325	1,512
STORY2	B404	ENVDIS M	2,777	8,92	2,39	-0,03	0,01	0,389	1,347
STORY2	B404	ENVDIS M	2,499	8,92	0,34	-0,03	0,01	0,357	1,716

Fuente: Autores

COLUMNAS

Figura. 65 Columna C1



Fuente: Autores

Tabla 37 Resumen Resultados C1

Story	Column	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY2	C1	ENVDIS M	2,7	-4,3	-0,14	0,63	0,001	0,181	0,789
STORY2	C1	ENVDIS M	2,7	-7,9	-0,66	-0,17	-0,002	-0,72	0,231
STORY2	C1	ENVDIS M	1,35	-9,8	-0,14	0,63	0,001	0,166	0,075
STORY2	C1	ENVDIS M	0	-15,29	-0,14	0,63	0,001	0,972	-0,135
STORY2	C1	ENVDIS M	1,35	-17,06	-0,66	-0,17	-0,002	-0,07	-0,144
STORY1	C1	ENVDIS M	2,7	-19,14	-0,03	0,33	0	0,247	0,74
STORY1	C1	ENVDIS M	1,35	-24,64	-0,03	0,22	0	0,123	0,37
STORY2	C1	ENVDIS M	0	-26,22	-0,66	-0,17	-0,002	-0,27	-1,013
STORY1	C1	ENVDIS M	0	-30,14	-0,03	0,22	0	0	0
STORY1	C1	ENVDIS M	2,7	-40,36	-0,27	-0,09	0	-0,59	0,072
STORY1	C1	ENVDIS M	1,35	-49,52	-0,27	-0,09	0	-0,3	0,036
STORY1	C1	ENVDIS M	0	-58,68	-0,27	-0,18	0	0	0

Fuente: Autores

Figura. 66 Columna C33



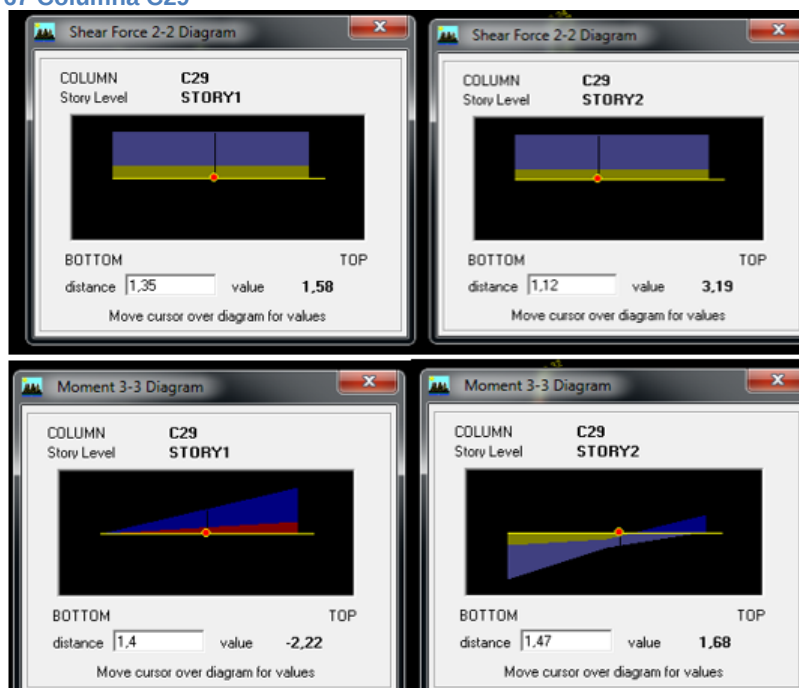
Fuente: Autores

Tabla 38 Resumen Resultados C33

Story	Column	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY2	C33	ENVDIS M	2,6	78,2	0,38	0	0,003	-0,013	1,388
STORY2	C33	ENVDIS M	1,3	51,74	0,38	0	0,003	-0,013	-0,003
STORY2	C33	ENVDIS M	2,6	42,12	-1,35	0	-0,002	-0,268	-0,586
STORY2	C33	ENVDIS M	1,3	26,24	-1,35	0	-0,002	-0,268	-0,434
STORY2	C33	ENVDIS M	0	25,27	0,38	0	0,003	-0,013	0,407
STORY2	C33	ENVDIS M	0	10,36	-1,35	0	-0,002	-0,268	-2,159
STORY1	C33	ENVDIS M	2,6	-14,51	0,01	0	0	0	2,069
STORY1	C33	ENVDIS M	1,3	-30,39	0,01	0,07	0	0	1,035
STORY1	C33	ENVDIS M	2,6	-32,51	-0,8	-0,8	0	-0,174	-0,028
STORY1	C33	ENVDIS M	0	-46,27	0,01	0,94	0	0	0
STORY1	C33	ENVDIS M	1,3	-58,98	-0,8	0	0	-0,653	-0,014
STORY1	C33	ENVDIS M	0	-85,44	-0,8	0	0	0	0

Fuente: Autores

Figura. 67 Columna C29



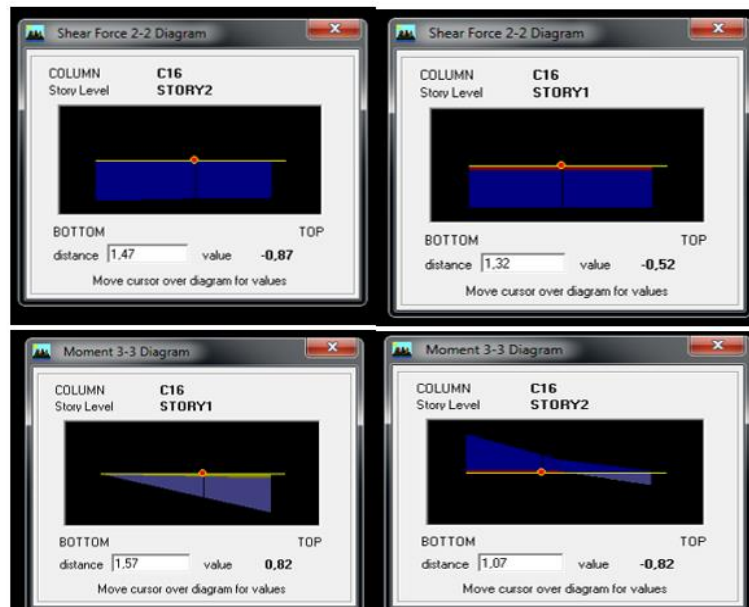
Fuente: Autores

Tabla 39 Resumen Resultados C29

Story	Column	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY2	C29	ENVDIS M	2,6	59,97	3,24	1,1	0,001	1,869	-0,159
STORY2	C29	ENVDIS M	1,3	51,15	3,19	1,1	0,001	0,389	1,951
STORY2	C29	ENVDIS M	0	42,33	3,19	1,1	0,001	1,657	5,983
STORY2	C29	ENVDIS M	2,6	26,03	0,69	-1,39	-0,001	-1,213	-2,322
STORY2	C29	ENVDIS M	1,3	20,73	0,69	-1,39	-0,001	-0,008	0,732
STORY2	C29	ENVDIS M	0	15,44	0,69	-1,39	-0,001	-1,741	1,623
STORY1	C29	ENVDIS M	2,6	-20,6	1,58	0,6	0	0,851	-1,055
STORY1	C29	ENVDIS M	1,3	-25,9	1,58	0,6	0	0,426	-0,527
STORY1	C29	ENVDIS M	0	-31,19	1,58	1,13	0	0	0
STORY1	C29	ENVDIS M	2,6	-52,05	0,41	-0,68	0	-1,559	-4,118
STORY1	C29	ENVDIS M	1,3	-60,87	0,41	-0,33	0	-0,9	-2,059
STORY1	C29	ENVDIS M	0	-69,69	0,41	-0,33	0	0	0

Fuente: Autores

Figura. 68 Columna C16



Fuente: Autores

Tabla 40 Resumen Resultados C16

Story	Column	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
STORY2	C16	ENVDIS M	2,61	44,12	-0,01	0,99	0,001	1,928	0,561
STORY2	C16	ENVDIS M	1,305	35,26	-0,01	0,99	0,001	0,091	-0,081
STORY2	C16	ENVDIS M	0	26,41	-0,01	0,99	0,001	1,385	-0,137
STORY2	C16	ENVDIS M	2,61	19,09	-0,87	-1,59	-0,001	-1,204	-0,106
STORY2	C16	ENVDIS M	1,305	13,78	-0,87	-1,59	-0,001	-0,211	-0,618
STORY2	C16	ENVDIS M	0	8,46	-0,92	-1,59	-0,001	-2,228	-1,748
STORY1	C16	ENVDIS M	2,61	-11,22	-0,06	0,44	0	1,125	1,359
STORY1	C16	ENVDIS M	1,305	-16,54	-0,06	0,42	0	0,563	0,679
STORY1	C16	ENVDIS M	0	-21,85	-0,06	0,42	0	0	0
STORY1	C16	ENVDIS M	2,61	-31,64	-0,52	-0,43	0	-1,093	0,156
STORY1	C16	ENVDIS M	1,305	-40,49	-0,52	-0,43	0	-0,546	0,078
STORY1	C16	ENVDIS M	0	-49,35	-0,52	-0,43	0	0	0

Fuente: Autores

3.7. PLANOS VIVIENDA EN GUADUA

Los planos de la casa campestre objeto de análisis del proyecto de grado que se entregan son (ver Anexo 5):

- Planos Arquitectónicos
- Plano de Cimentación
- Planos Estructurales

3.8. SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE VIGAS Y COLUMNAS EN GUADUA SEGÚN LA NSR-10

Este proyecto de grado tiene como fin el obtener ciertas herramientas para el diseño de las vigas y columnas de una vivienda de uno o dos pisos hechas en guadua ya que en la actualidad los recursos son pocos y manuales, por esto se planteó ciertas hojas de cálculo en Excel presentada en los anexos y un link donde se obtendrá un chequeo del predimensionamiento mediante el ingreso de algunos datos que resultan del análisis de cualquier programa de elementos finitos en este caso Etabs.

Dentro de las hojas de cálculo podremos encontrar las siguientes: 1. Memoria.xlsx: Avaluo de Cargas, pesos y áreas por recintos, parámetros sísmicos. 2. Sismo.Xls: Analisis Sismico: Espectro, Sistema estructural, Configuración estructural de la edificación, Coeficiente de disipación de energía, Cortante sísmico y su corrección. 3. Cargas.xlsx: Cargas distribuidas en las vigas. 4. Cargas de viento por columna.xlsx: Cargas de viento por los efectos de barlovento y sotavento. 5. Resultados Etabs. Fuerzas en Columnas y vigas, Desplazamientos en los puntos.

En cuanto al link que se creó para el diseño de los elementos estructurales se trabajó con lenguaje html y php y una librería de java JQuery. La razón por la cual se hizo en Html es porque es un ambiente web, el cual es de libre acceso y es fácil difundirlo. El php es el lenguaje lógico del programa como su formulación matemática. Y El JQuery es lo que le da la estética al ambiente del programa. Ahora profundizaremos un poco más en cada lenguaje

“El primero, HTML significa *HyperText Markup Language*. HTML es el lenguaje que se emplea para el desarrollo de páginas de internet. Está compuesto por una serie de etiquetas que el navegador interpreta y da forma en la pantalla. HTML dispone de etiquetas para imágenes, hipervínculos que nos permiten dirigirnos a otras páginas, saltos de línea, listas, tablas, etc.” (Andalucía, s.f.)

Podríamos decir que HTML sirve para crear páginas web, darles estructura y contenido.

“El segundo lenguaje es PHP (acrónimo recursivo de PHP: Hypertext Preprocessor) es un lenguaje de código abierto muy popular especialmente adecuado para el desarrollo web y que puede ser incrustado en HTML.” ((AProgramar, s.f.)

Y por último “el JQuery es una biblioteca de JavaScript, fue creada por [John Resig](#), permite simplificar la manera de interactuar con los documentos HTML, manipular el árbol DOM, manejo de eventos, desarrollar animaciones y agregar interacción con la técnica AJAX en páginas web. El árbol DOM o Modelo en Objetos para la Representación de Documentos (Document Object Model), es un estándar de objetos para representar documentos HTML y XML. A través de él, los programas pueden acceder y modificar el contenido, estructura y estilo”. ((Sica, s.f.))

El Link está configurado en una cuenta de alojamiento web gratuito, bajo el subdominio www.guaduansr10.site40.net y fue programado por un estudiante de último semestre de Ingeniería de sistemas.

➤ ***FUNCIONAMIENTO DEL SOFTWARE***

El programa se elaboró en base a unas hojas de cálculo hechas en Microsoft Excel donde se realizó el procedimiento de verificación de esfuerzos admisibles de siguiendo las pautas establecidas en el Título G.12 de la NSR-10.

Con los mismos elementos mencionados en la comprobación de resultados del modelo en ETABS se verificó si el diseño es adecuado para las solicitudes a las que es sometida la estructura, obteniendo las siguientes tablas:

VIGAS

Tabla 41 Verificación Diseño B31

DISEÑO DE VIGAS EN GUADUA			
1. INGRESE LOS SIGUIENTES DATOS			
	UNIDAD	VALOR	
Temperatura Promedio [T]	°C	33.00	OK
Diametro Externo [De]	mm	120.00	
Diametro Interno [Di]	mm	100.00	
Espesor Promedio [t]	mm	10.00	
longitud elemento [L]	m	1.52	
Tipo de Carga		1	
Carga Muerta [CM]	KN/m	0.94	
Carga Viva [CV]	KN/m	5.16	
Otras Cargas [OC]	KN/m	0.00	
Carga Puntual [P]	KN/m	9.25	
Deflexion [Δ]	mm	0.0000000000003853	OK
Coefficiente [K] (Tabla G.12.8-2)		180	
Momento Actuante [M]	KN*mm	1377.00	
Modulo de Seccion [S]	mm³	87834.00	
Fuerza de Corte Actuante [V]	KN	0.45	
Fuerza Aplicada perpendicular a las Fibras [R]	N	450.00	
2. INGRESE LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION [Ci]			
Por duracion de carga [CD]		1.00	
Por contenido de humedad [Cm]		1.00	
Por temperatura [Ct]		1.00	
Por estabilidad lateral de vigas [CL]		1.00	
Por forma [CF]		1.12	
Por redistribucion de cargas [Cr]		1.10	
Por estabilidad de columnas [Cp]		0.71	
Por cortante [Cc]		1.00	
3. ESFUERZOS ADMISIBLES [Fi] Y MODULO DE ELASTICIDAD [E]			
Modulo de elasticidad promedio [E0.5]	Mpa	9500.00	
Modulo percentil 5 [E0.05]	Mpa	7500.00	
Modulo minimo [Emin]	Mpa	4000.00	
Esf. Admisible a flexion [Fb]	Mpa	15.00	
Esf. Admisible a traccion [Ft]	Mpa	18.00	
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [Fc]	Mpa	14.00	
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [Fp]	Mpa	1.40	
Esf. Admisible a corte [Fv]	Mpa	1.20	
4. ESFUERZOS ADMISIBLES MODIFICADOS [F'i]			
Esf. Admisible a flexion [F'b]	Mpa	16.80	
Esf. Admisible a traccion [F't]	Mpa	18.00	
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [F'c]	Mpa	9.94	
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [F'p]	Mpa	1.40	
Esf. Admisible a corte [F'v]	Mpa	1.20	
5. DISEÑO A DEFLEXION, FLEXION Y CORTANTE			
Deflexion Admisible [Δ] (Tabla G.12.8-2)	mm	8.44	
Esfuerzo a Flexion Actuante [fb]	Mpa	0.02	OK
Esf. Cortante paralelo a las fibras [fv]	Mpa	0.14	OK
Esf. Compresion perpendicular a las fibras [fp]	Mpa	0.53	OK
6. TIPO DE VIGA, INERCIA Y AREA			
	USE INERCIA 1		
Inercia I [I] (para carga distribuida)	m m4	35127000.00	
Tipo de Viga (para carga distribuida)	Viga T2		
Numero de Culmos	und	2.00	
Area Neta [A]	m m2	3455.75	
Area Neta Total [At]	m m2	6911.50	
d	mm	240.00	
b	mm	120.00	
Estabilidad Lateral (d/b)		2	NO NECESITA SOPORTE LATERAL

TIPO DE CARGA			
DISTRIBUIDA	1	NOTA: ESTOS NO SON V	
PUNTUAL	2	PARA ASIGNAR LA EC	
NOTA: EN CARGA TIPO 2, DAR A (CM), (CV), (OC) VAL			
DAR VALOR DE 0 A (P)			

Tipo Viga	Viga T1	Viga T2	Viga T3
N° Culmos	1	2	4
d (mm)	120	240	240
b (mm)	120	120	240
FALSO		Viga T2	Viga T3

Fuente: Autores.

Tabla 42 Verificación Diseño B153

DISEÑO DE VIGAS EN GUADUA																				
1. INGRESE LOS SIGUIENTES DATOS																				
	UNIDAD	VALOR																		
Temperatura Promedio [°T]	°C	33,00	OK																	
Diametro Externo [De]	mm	120,00																		
Diametro Interno [Di]	mm	100,00																		
Espesor Promedio [t]	mm	10,00																		
longitud elemento [L]	m	4,01																		
Tipo de Carga		1																		
Carga Muerta [CM]	KN/m	0,73																		
Carga Viva [CV]	KN/m	3,98																		
Otras Cargas [OC]	KN/m	0,00																		
Carga Puntual [P]	KN/m	15,00																		
Deflexion [Δ]	mm	0,0000000000303882	OK																	
Coefficiente [K] (Tabla G.12.8-2)		180																		
Momento Actuante [M]	KN*mm	1005,00																		
Modulo de Seccion [S]	mm ³	87834,00																		
Fuerza de Corte Actuante [V]	KN	0,20																		
Fuerza Aplicada perpendicular a las Fibras [R]	N	200,00																		
2. INGRESE LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION [Ci]																				
Por duracion de carga [CD]		1,00																		
Por contenido de humedad [Cm]		1,00																		
Por temperatura [Ct]		1,00																		
Por estabilidad lateral de vigas [CL]		1,00																		
Por forma [CF]		1,12																		
Por redistribucion de cargas [Cr]		1,10																		
Por estabilidad de columnas [Cp]		0,71																		
Por cortante [Cc]		1,00																		
3. ESFUERZOS ADMISIBLES [Fi] Y MODULO DE ELASTICIDAD [E]																				
Modulo de elasticidad promedio [E0.5]	Mpa	9500,00																		
Modulo percentil 5 [E0.05]	Mpa	7500,00																		
Modulo minimo [Emin]	Mpa	4000,00																		
Esf. Admisible a flexion [Fb]	Mpa	15,00																		
Esf. Admisible a traccion [Ft]	Mpa	18,00																		
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [Fc]	Mpa	14,00																		
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [Fp]	Mpa	1,40																		
Esf. Admisible a corte [Fv]	Mpa	1,20																		
4. ESFUERZOS ADMISIBLES MODIFICADOS [F'i]																				
Esf. Admisible a flexion [F'b]	Mpa	16,80																		
Esf. Admisible a traccion [F't]	Mpa	18,00																		
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [F'c]	Mpa	9,94																		
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [F'p]	Mpa	1,40																		
Esf. Admisible a corte [F'v]	Mpa	1,20																		
5. DISEÑO A DEFLEXION, FLEXION Y CORTANTE																				
Deflexion Admisible [Δ] (Tabla G.12.8-2)	mm	22,30																		
Esfuerzo a Flexion Actuante [fb]	Mpa	0,01	OK																	
Esf. Cortante paralelo a las fibras [fv]	Mpa	0,06	OK																	
Esf. Compresion perpendicular a las fibras [fp]	Mpa	0,09	OK																	
6. TIPO DE VIGA, INERCIA Y AREA																				
	USE INERCIA 1																			
Inercia 1 [I] (para carga distribuida)	mm ⁴	35127000,00																		
Tipo de Viga (para carga distribuida)	Viga T2																			
Numero de Culmos	und	2,00																		
Area Neta [A]	mm ²	3455,75																		
Area Neta Total [At]	mm ²	6911,50																		
d	mm	240,00																		
b	mm	120,00																		
Estabilidad Lateral (d/b)		2	NO NECESITA SOPORTE LATERAL																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo Viga</th> <th>Viga T1</th> <th>Viga T2</th> <th>Viga T3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N° Culmos</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>d (mm)</td> <td>120</td> <td>240</td> <td>240</td> </tr> <tr> <td>b (mm)</td> <td>120</td> <td>120</td> <td>240</td> </tr> </tbody> </table>					Tipo Viga	Viga T1	Viga T2	Viga T3	N° Culmos	1	2	4	d (mm)	120	240	240	b (mm)	120	120	240
Tipo Viga	Viga T1	Viga T2	Viga T3																	
N° Culmos	1	2	4																	
d (mm)	120	240	240																	
b (mm)	120	120	240																	

Fuente: Autores

Tabla 43 Verificación Diseño B404

DISEÑO DE VIGAS EN GUADUA									
1. INGRESE LOS SIGUIENTES DATOS									
	UNIDAD	VALOR							
Temperatura Promedio [°T]	°C	33,00	OK						
Diametro Externo [De]	mm	120,00							
Diametro Interno [Di]	mm	100,00							
Espesor Promedio [t]	mm	10,00							
longitud elemento [L]	m	3,89							
Tipo de Carga		1							
Carga Muerta [CM]	KN/m	1,35							
Carga Viva [CV]	KN/m	7,38							
Otras Cargas [OC]	KN/m	0,00							
Carga Puntual [P]	KN/m	9,13							
Deflexion [Δ]	mm	0,0000000000081575	OK						
Coefficiente [K] (Tabla G.12.8-2)		180							
Momento Actuante [M]	KN*mm	1716,00							
Modulo de Seccion [S]	mm ³	87834,00							
Fuerza de Corte Actuante [V]	KN	2,48							
Fuerza Aplicada perpendicular a las Fibras [R]	N	2480,00							
2. INGRESE LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION [Ci]									
Por duracion de carga [CD]		1,00							
Por contenido de humedad [Cm]		1,00							
Por temperatura [Ct]		1,00							
Por estabilidad lateral de vigas [CL]		1,00							
Por forma [CF]		1,12							
Por redistribucion de cargas [Cr]		1,10							
Por estabilidad de columnas [Cp]		0,71							
Por cortante [Cc]		1,00							
3. ESFUERZOS ADMISIBLES [Fi] Y MODULO DE ELASTICIDAD [E]									
Modulo de elasticidad promedio [E0.5]	Mpa	9500,00							
Modulo percentil 5 [E0.05]	Mpa	7500,00							
Modulo minimo [Emin]	Mpa	4000,00							
Esf. Admissible a flexion [Fb]	Mpa	15,00							
Esf. Admissible a traccion [Ft]	Mpa	18,00							
Esf. Admissible a compresion paralela al eje longitudinal [Fc]	Mpa	14,00							
Esf. Admissible a compresion perpendicular al eje longitudinal [Fp]	Mpa	1,40							
Esf. Admissible a corte [Fv]	Mpa	1,20							
4. ESFUERZOS ADMISIBLES MODIFICADOS [Fi]									
Esf. Admissible a flexion [F'b]	Mpa	16,80							
Esf. Admissible a traccion [F't]	Mpa	18,00							
Esf. Admissible a compresion paralela al eje longitudinal [F'c]	Mpa	9,94							
Esf. Admissible a compresion perpendicular al eje longitudinal [F'p]	Mpa	1,40							
Esf. Admissible a corte [F'v]	Mpa	1,20							
5. DISEÑO A DEFLEXION, FLEXION Y CORTANTE									
Deflexion Admissible [Δ] (Tabla.G.12.8-2)	mm	21,61							
Esfuerzo a Flexion Actuante [fb]	Mpa	0,02	OK						
Esf. Cortante paralelo a las fibras [fv]	Mpa	0,38	OK						
Esf. Compresion perpendicular a las fibras [fp]	Mpa	1,15	OK						
6. TIPO DE VIGA, INERCIA Y AREA									
	USE INERCIA 1								
Inercia I [I] (para carga distribuida)	mm ⁴	70252000,00							
Tipo de Viga (para carga distribuida)	Viga T3								
Numero de Culmos	und	4,00							
Area Neta [A]	mm ²	3455,75							
Area Neta Total [At]	mm ²	13823,01							
d	mm	240,00							
b	mm	240,00							
Estabilidad Lateral (d/b)		1	NO NECESITA SOPORTE LATERAL						

Fuente: Autores

COLUMNAS

Tabla 44 Verificación Diseño C1

DISEÑO DE COLUMNAS EN GUADUA																									
1. INGRESE LOS SIGUIENTES DATOS																									
	UNIDAD	VALOR																							
Temperatura Promedio [°T]	°C	33,00	OK																						
Diametro Externo [De]	mm	120,00																							
Diametro Interno [Di]	mm	100,00																							
Espesor Promedio [t]	mm	10,00																							
Longitud elemento [L]	m	5,60																							
Coefficiente de Longitud Efectiva [K] (Tabla G.12.9-1)		1																							
Tipo de Carga		2																							
Carga de Compresion Actuante [Na]	N	58680,00																							
Fuerza de Tension Axial [T]	N	58680,00																							
Momento Actuante [M]	KN*m	1,13																							
Modulo de Seccion [S]	mm ³	87834,00																							
Fuerza de Compresion Actuante [V]	KN	0,63																							
Fuerza Aplicada perpendicular a las Fibras [R]	N	660,00																							
Fuerza de ompresion Actuante paralela a las Fibras [N]	N	58680,00																							
2. INGRESE LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION [Ci]																									
Por duracion de carga [CD]		1,00																							
Por contenido de humedad [Cm]		1,00																							
Por temperatura [Ct]		1,00																							
Por estabilidad lateral de vigas [CL]		1,00																							
Por forma [CF]		1,12																							
Por redistribucion de cargas [Cr]		1,00																							
Por estabilidad de columnas [Cp]		0,57																							
Por cortante [Cc]		1,00																							
3. ESFUERZOS ADMISIBLES [Fi] Y MODULO DE ELASTICIDAD [E]																									
Modulo de elasticidad promedio [E0.5]	Mpa	9500,00																							
Modulo percentil 5 [E0.05]	Mpa	7500,00																							
Modulo minimo [Emin]	Mpa	4000,00																							
Esf. Admisible a flexion [Fb]	Mpa	15,00																							
Esf. Admisible a traccion [Ft]	Mpa	18,00																							
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [Fc]	Mpa	14,00																							
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [Fp]	Mpa	1,40																							
Esf. Admisible a corte [Fv]	Mpa	1,20																							
4. ESFUERZOS ADMISIBLES MODIFICADOS [F'i]																									
Esf. Admisible a flexion [F'b]	Mpa	16,80																							
Esf. Admisible a traccion [F't]	Mpa	18,00																							
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [F'c]	Mpa	7,98																							
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [F'p]	Mpa	1,40																							
Esf. Admisible a corte [F'v]	Mpa	1,20																							
5. DISEÑO A FLEXO-COMPRESION																									
Esf. aTension Axial [ft]	Mpa	0,33	OK																						
Esf. a Flexion Actuante [fb]	Mpa	0,000013	OK																						
Esf. Cortante paralelo a las fibras [fv]	Mpa	0,03	OK																						
Esf. Compresion perpendicular a las fibras [fp]	Mpa	0,21	OK																						
Esf. Maximos de Compresion [fc]	Mpa	0,10901786	OK																						
Flexion y Tension Axial	Mpa	0,01811188	OK																						
Flexo-Compresion	Mpa	0,01366123	OK																						
6. TIPO DE COLUMNA, INERCIA Y AREA																									
Longitud efectiva [Le]	mm	5600,00																							
Radio de Giro [r]	mm	11,7530138																							
Inercia [I]	mm ⁴	6216000																							
Area Neta [A]	mm ²	45000,00																							
Area Neta Total [At]	mm ²	180000,00																							
Esbellez [λ]		476,4735323																							
Esbellez Ck [Ck]		78,63512029																							
Clase de Columna		NO APLICA	REVISAR																						
		NO APLICA																							
		NO APLICA																							
Coefficiente de Magnificacion de Momentos [Km]		-0,2000364																							
Carga Critica de Euler [Ncr]	N	14672,2244																							
Tipo Columna		Col T4																							
Numero de Culmos	und	4,00																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">TIPO DE CARGA</th> </tr> <tr> <th>DISTRIBUIDA</th> <th>1</th> <th>NOTA: ESTOS NO SON V</th> </tr> <tr> <th>PUNTUAL</th> <th>2</th> <th>PARA ASIGNAR LA ECL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">NOTA: EN CARGA TIPO 2, DAR A (CM), (CV), (OC) VALOR DAR VALOR DE 0 A (P)</td> </tr> </tbody> </table>				TIPO DE CARGA			DISTRIBUIDA	1	NOTA: ESTOS NO SON V	PUNTUAL	2	PARA ASIGNAR LA ECL	NOTA: EN CARGA TIPO 2, DAR A (CM), (CV), (OC) VALOR DAR VALOR DE 0 A (P)												
TIPO DE CARGA																									
DISTRIBUIDA	1	NOTA: ESTOS NO SON V																							
PUNTUAL	2	PARA ASIGNAR LA ECL																							
NOTA: EN CARGA TIPO 2, DAR A (CM), (CV), (OC) VALOR DAR VALOR DE 0 A (P)																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ecuaciones para fc</th> </tr> <tr> <th>col. Corta</th> <th>col. Intermedia</th> <th>col.larga</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,304</td> <td>0,326</td> <td>0,109017857</td> </tr> </tbody> </table>				ecuaciones para fc			col. Corta	col. Intermedia	col.larga	1,304	0,326	0,109017857													
ecuaciones para fc																									
col. Corta	col. Intermedia	col.larga																							
1,304	0,326	0,109017857																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo Columnas</th> <th>N° Culmos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Col T1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Col T2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Col T3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Col T4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Col T5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Col T6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Col T7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Col T8</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Col T9</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Col T10</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>				Tipo Columnas	N° Culmos	Col T1	1	Col T2	2	Col T3	3	Col T4	4	Col T5	5	Col T6	6	Col T7	7	Col T8	8	Col T9	9	Col T10	10
Tipo Columnas	N° Culmos																								
Col T1	1																								
Col T2	2																								
Col T3	3																								
Col T4	4																								
Col T5	5																								
Col T6	6																								
Col T7	7																								
Col T8	8																								
Col T9	9																								
Col T10	10																								

Fuente: Autores

Tabla 45 Verificación Diseño C16

DISEÑO DE COLUMNAS EN GUADUA																									
1. INGRESE LOS SIGUIENTES DATOS																									
	UNIDAD	VALOR																							
Temperatura Promedio [°T]	°C	33,00	OK																						
Diametro Externo [De]	mm	120,00																							
Diametro Interno [Di]	mm	100,00																							
Espesor Promedio [t]	mm	10,00																							
Longitud elemento [L]	m	5,60																							
Coefficiente de Longitud Efectiva [K] (Tabla G.12.9-1)		1																							
Tipo de Carga		2																							
Carga de Compresion Actuante [Na]	N	44120,00																							
Fuerza de Tension Axial [T]	N	44120,00																							
Momento Actuante [M]	KN*m	0,56																							
Modulo de Seccion [S]	mm ³	87834,00																							
Fuerza de Compresion Actuante [V]	KN	1,59																							
Fuerza Aplicada perpendicular a las Fibras [R]	N	920,00																							
Fuerza de ompresion Actuante paralela a las Fibras [N]	N	44120,00																							
2. INGRESE LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION [Ci]																									
Por duracion de carga [CD]		1,00																							
Por contenido de humedad [Cm]		1,00																							
Por temperatura [Ct]		1,00																							
Por estabilidad lateral de vigas [CL]		1,00																							
Por forma [CF]		1,12																							
Por redistribucion de cargas [Cr]		1,00																							
Por estabilidad de columnas [Cp]		0,57																							
Por cortante [Cc]		1,00																							
3. ESFUERZOS ADMISIBLES [Fi] Y MODULO DE ELASTICIDAD [E]																									
Modulo de elasticidad promedio [E0.5]	Mpa	9500,00																							
Modulo percentil 5 [E0.05]	Mpa	7500,00																							
Modulo minimo [Emin]	Mpa	4000,00																							
Esf. Admisible a flexion [Fb]	Mpa	15,00																							
Esf. Admisible a traccion [Ft]	Mpa	18,00																							
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [Fc]	Mpa	14,00																							
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [Fp]	Mpa	1,40																							
Esf. Admisible a corte [Fv]	Mpa	1,20																							
4. ESFUERZOS ADMISIBLES MODIFICADOS [F'i]																									
Esf. Admisible a flexion [F'b]	Mpa	16,80																							
Esf. Admisible a traccion [F't]	Mpa	18,00																							
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [F'c]	Mpa	7,98																							
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [F'p]	Mpa	1,40																							
Esf. Admisible a corte [F'v]	Mpa	1,20																							
5. DISEÑO A FLEJO-COMPRESION																									
Esf. aTension Axial [ft]	Mpa	0,25	OK																						
Esf. a Flexion Actuante [fb]	Mpa	0,000006	OK																						
Esf. Cortante paralelo a las fibras [fv]	Mpa	0,07	OK																						
Esf. Compresion perpendicular a las fibras [fp]	Mpa	0,30	OK																						
Esf. Maximos de Compresion [fc]	Mpa	1,23209821	OK																						
Flexion y Tension Axial	Mpa	0,01361766	OK																						
Flexo-Compresion	Mpa	0,15439891	OK																						
6. TIPO DE COLUMNA, INERCIA Y AREA																									
Longitud efectiva [Le]	mm	5600,00																							
Radio de Giro [r]	mm	39,5114611																							
Inercia [I]	mm ⁴	70252000																							
Area Neta [A]	mm ²	45000,00																							
Area Neta Total [At]	mm ²	180000,00																							
Esbeltez [λ]		141,7310281																							
Esbeltez Ck [Ck]		78,63512029																							
Clase de Columna		NO APLICA																							
		NO APLICA	OK																						
		Col. Larga																							
Coefficiente de Magnificacion de Momentos [Km]		1,66417394																							
Carga Critica de Euler [Ncr]	N	165822,572																							
Tipo Columna		Col T4																							
Numero de Culmos	und	4,00																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">TIPO DE CARGA</th> </tr> <tr> <th>DISTRIBUIDA</th> <th>1</th> <th>NOTA: ESTOS NO SON VALORES PARA ASIGNAR LA ECUACION PARA CARGA TIPO 2, DAR A (CM), (CV), (OC) VALOR DAR VALOR DE 0 A (P)</th> </tr> <tr> <th>PUNTUAL</th> <th>2</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">ecuaciones para fc</td> </tr> <tr> <td>col. Corta</td> <td>col. Intermedia</td> <td>col.larga</td> </tr> <tr> <td>0,980444444</td> <td>0,245111111</td> <td>1,232098214</td> </tr> </tbody> </table>				TIPO DE CARGA			DISTRIBUIDA	1	NOTA: ESTOS NO SON VALORES PARA ASIGNAR LA ECUACION PARA CARGA TIPO 2, DAR A (CM), (CV), (OC) VALOR DAR VALOR DE 0 A (P)	PUNTUAL	2		ecuaciones para fc			col. Corta	col. Intermedia	col.larga	0,980444444	0,245111111	1,232098214				
TIPO DE CARGA																									
DISTRIBUIDA	1	NOTA: ESTOS NO SON VALORES PARA ASIGNAR LA ECUACION PARA CARGA TIPO 2, DAR A (CM), (CV), (OC) VALOR DAR VALOR DE 0 A (P)																							
PUNTUAL	2																								
ecuaciones para fc																									
col. Corta	col. Intermedia	col.larga																							
0,980444444	0,245111111	1,232098214																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo Columnas</th> <th>Nº Culmos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Col T1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Col T2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Col T3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Col T4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Col T5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Col T6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Col T7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Col T8</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Col T9</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Col T10</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>				Tipo Columnas	Nº Culmos	Col T1	1	Col T2	2	Col T3	3	Col T4	4	Col T5	5	Col T6	6	Col T7	7	Col T8	8	Col T9	9	Col T10	10
Tipo Columnas	Nº Culmos																								
Col T1	1																								
Col T2	2																								
Col T3	3																								
Col T4	4																								
Col T5	5																								
Col T6	6																								
Col T7	7																								
Col T8	8																								
Col T9	9																								
Col T10	10																								

Fuente: Autores

Tabla 46 Verificación Diseño C29

DISEÑO DE COLUMNAS EN GUADUA																									
1. INGRESE LOS SIGUIENTES DATOS																									
	UNIDAD	VALOR																							
Temperatura Promedio [°T]	°C	33,00	OK																						
Diametro Externo [De]	mm	120,00																							
Diametro Interno [Di]	mm	100,00																							
Espesor Promedio [t]	mm	10,00																							
Longitud elemento [L]	m	5,60																							
Coefficiente de Longitud Efectiva [K] (Tabla G.12.9-1)	1																								
Tipo de Carga	2																								
Carga de Compresion Actuante [Na]	N	59970,00																							
Fuerza de Tension Axial [T]	N	59970,00																							
Momento Actuante [M]	KN*m	5,98																							
Modulo de Seccion [S]	mm ³	87834,00																							
Fuerza de Compresion Actuante [V]	KN	1,13																							
Fuerza Aplicada perpendicular a las Fibras [R]	N	3240,00																							
Fuerza de ompresion Actuante paralela a las Fibras [N]	N	59970,00																							
2. INGRESE LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION [Ci]																									
Por duracion de carga [CD]		1,00																							
Por contenido de humedad [Cm]		1,00																							
Por temperatura [Ct]		1,00																							
Por estabilidad lateral de vigas [CL]		1,00																							
Por forma [CF]		1,12																							
Por redistribucion de cargas [Cr]		1,00																							
Por estabilidad de columnas [Cp]		0,57																							
Por cortante [Cc]		1,00																							
3. ESFUERZOS ADMISIBLES [Fi] Y MODULO DE ELASTICIDAD [E]																									
Modulo de elasticidad promedio [E0.5]	Mpa	9500,00																							
Modulo percentil 5 [E0.05]	Mpa	7500,00																							
Modulo minimo [Emin]	Mpa	4000,00																							
Esf. Admisible a flexion [Fb]	Mpa	15,00																							
Esf. Admisible a traccion [Ft]	Mpa	18,00																							
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [Fc]	Mpa	14,00																							
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [Fp]	Mpa	1,40																							
Esf. Admisible a corte [Fv]	Mpa	1,20																							
4. ESFUERZOS ADMISIBLES MODIFICADOS [Fi]																									
Esf. Admisible a flexion [F'b]	Mpa	16,80																							
Esf. Admisible a traccion [F't]	Mpa	18,00																							
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [F'c]	Mpa	7,98																							
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [F'p]	Mpa	1,40																							
Esf. Admisible a corte [F'v]	Mpa	1,20																							
5. DISEÑO A FLEXO-COMPRESION																									
Esf. aTension Axial [ft]	Mpa	0,33	OK																						
Esf. a Flexion Actuante [fb]	Mpa	0,000068	OK																						
Esf. Cortante paralelo a las fibras [fv]	Mpa	0,05	OK																						
Esf. Compresion perpendicular a las fibras [fp]	Mpa	1,04	OK																						
Esf. Maximos de Compresion [fc]	Mpa	1,23209821	OK																						
Flexion y Tension Axial	Mpa	0,01851331	OK																						
Flexo-Compresion	Mpa	0,15440713	OK																						
6. TIPO DE COLUMNA, INERCIA Y AREA																									
Longitud efectiva [Le]	mm	5600,00																							
Radio de Giro [r]	mm	39,5114611																							
Inercia [I]	mm ⁴	70252000																							
Area Neta [A]	mm ²	45000,00																							
Area Neta Total [At]	mm ²	180000,00																							
Esbeltez [λ]		141,7310281																							
Esbeltez Ck [Ck]		78,63512029																							
Clase de Columna	NO APLICA																								
	NO APLICA																								
	Col. Larga	OK																							
Coefficiente de Magnificacion de Momentos [Km]		2,18568444																							
Carga Critica de Euler [Ncr]	N	165822,572																							
Tipo Columna	Col T4																								
Numero de Culmos	und	4,00																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">ecuciones para fc</th> </tr> <tr> <th>col. Corta</th> <th>col. Intermedia</th> <th>col.larga</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1,332666667</td> <td>0,333166667</td> <td>1,232098214</td> </tr> </tbody> </table>				ecuciones para fc			col. Corta	col. Intermedia	col.larga	1,332666667	0,333166667	1,232098214													
ecuciones para fc																									
col. Corta	col. Intermedia	col.larga																							
1,332666667	0,333166667	1,232098214																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo Columnas</th> <th>Nº Culmos</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Col T1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Col T2</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Col T3</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Col T4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Col T5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Col T6</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Col T7</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Col T8</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Col T9</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Col T10</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>				Tipo Columnas	Nº Culmos	Col T1	1	Col T2	2	Col T3	3	Col T4	4	Col T5	5	Col T6	6	Col T7	7	Col T8	8	Col T9	9	Col T10	10
Tipo Columnas	Nº Culmos																								
Col T1	1																								
Col T2	2																								
Col T3	3																								
Col T4	4																								
Col T5	5																								
Col T6	6																								
Col T7	7																								
Col T8	8																								
Col T9	9																								
Col T10	10																								

Fuente: Autores

Tabla 47 Verificación Diseño C73

DISEÑO DE COLUMNAS EN GUADUA			
1. INGRESE LOS SIGUIENTES DATOS			
	UNIDAD	VALOR	
Temperatura Promedio [°T]	°C	33,00	OK
Diametro Externo [De]	mm	120,00	
Diametro Interno [Di]	mm	100,00	
Espesor Promedio [t]	mm	10,00	
Longitud elemento [L]	m	5,60	
Coefficiente de Longitud Efectiva [K] (Tabla G.12.9-1)		1	
Tipo de Carga		2	
Carga de Compresion Actuante [Na]	N	78200,00	
Fuerza de Tension Axial [T]	N	78200,00	
Momento Actuante [M]	KN*m	2,07	
Modulo de Seccion [S]	mm ³	87834,00	
Fuerza de Compresion Actuante [V]	KN	0,94	
Fuerza Aplicada perpendicular a las Fibras [R]	N	1350,00	
Fuerza de ompresion Actuante paralela a las Fibras [N]	N	78200,00	
2. INGRESE LOS COEFICIENTES DE MODIFICACION [Ci]			
Por duracion de carga [CD]		1,00	
Por contenido de humedad [Cm]		1,00	
Por temperatura [Ct]		1,00	
Por estabilidad lateral de vigas [CL]		1,00	
Por forma [CF]		1,12	
Por redistribucion de cargas [Cr]		1,00	
Por estabilidad de columnas [Cp]		0,57	
Por cortante [Cc]		1,00	
3. ESFUERZOS ADMISIBLES [Fi] Y MODULO DE ELASTICIDAD [E]			
Modulo de elasticidad promedio [E0.5]	Mpa	9500,00	
Modulo percentil 5 [E0.05]	Mpa	7500,00	
Modulo minimo [Emin]	Mpa	4000,00	
Esf. Admisible a flexion [Fb]	Mpa	15,00	
Esf. Admisible a traccion [Ft]	Mpa	18,00	
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [Fc]	Mpa	14,00	
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [Fp]	Mpa	1,40	
Esf. Admisible a corte [Fv]	Mpa	1,20	
4. ESFUERZOS ADMISIBLES MODIFICADOS [Fi']			
Esf. Admisible a flexion [F'b]	Mpa	16,80	
Esf. Admisible a traccion [F't]	Mpa	18,00	
Esf. Admisible a compresion paralela al eje longitudinal [F'c]	Mpa	7,98	
Esf. Admisible a compresion perpendicular al eje longitudinal [F'p]	Mpa	1,40	
Esf. Admisible a corte [F'v]	Mpa	1,20	
5. DISEÑO A FLEXO-COMPRESION			
Esf. aTension Axial [ft]	Mpa	0,19	OK
Esf. a Flexion Actuante [fb]	Mpa	0,000024	OK
Esf. Cortante paralelo a las fibras [fv]	Mpa	0,04	OK
Esf. Compresion perpendicular a las fibras [fp]	Mpa	0,43	OK
Esf. Maximos de Compresion [fc]	Mpa	0,19308642	OK
Flexion y Tension Axial	Mpa	0,01072842	OK
Flexo-Compresion	Mpa	0,02419793	OK
6. TIPO DE COLUMNA, INERCIA Y AREA			
Longitud efectiva [Le]	mm	5600,00	
Radio de Giro [r]	mm	87,3656429	
Inercia [I]	mm ⁴	343474000	
Area Neta [A]	mm ²	45000,00	
Area Neta Total [At]	mm ²	405000,00	
Esbeltez [λ]		64,09842377	
Esbeltez Ck [Ck]		78,63512029	
Clase de Columna		NO APLICA	
		Col. Intermedia	OK
		Col. Larga	
Coefficiente de Magnificacion de Momentos [Km]		1,16915793	
Carga Critica de Euler [Ncr]	N	810734,814	
Tipo Columna		Col T9	
Numero de Culmos	und	9,00	

TIPO DE CARGA

DISTRIBUIDA	1	NOTA: ESTOS NO SON VALORES PARA ASIGNAR LA ECU. PARA ASIGNAR LA ECU. NOTA: EN CARGA TIPO 2, DAR A (CM), (CV), (OC) VALOR 1 DAR VALOR DE 0 A (P)
PUNTUAL	2	

ecuaciones para fc

col. Corta	col. Intermedia	col.larga
1,737777778	0,19308642	6,023938138

Tipo Columnas	Nº Culmos
Col T1	1
Col T2	2
Col T3	3
Col T4	4
Col T5	5
Col T6	6
Col T7	7
Col T8	8
Col T9	9
Col T10	10

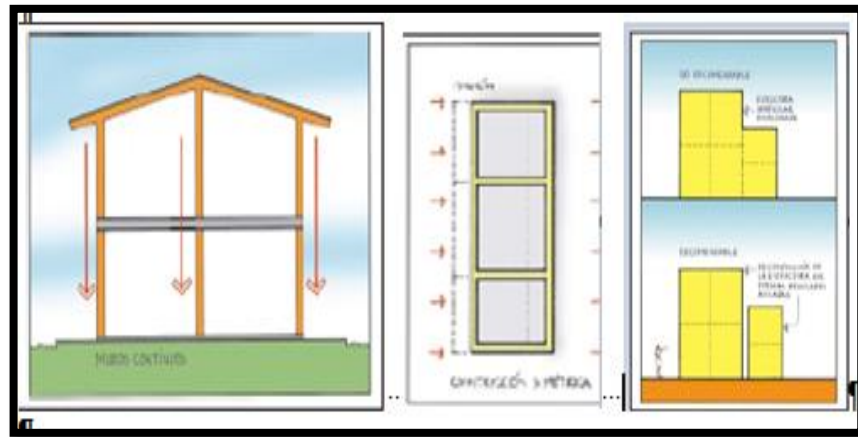
Fuente: Autores

4. GUÍA DE MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA VIVIENDAS DE UNA Y DOS PLANTAS EN GUADUA

Principalmente se deben tener en cuenta los principios de la sismo resistencia que son mantener una geometría regular en la edificación, por el material a utilizar es recomendable que sea liviana para evitar que la estructura soporte grandes fuerzas en caso de terremotos, evitar que los elementos estructurales sean muy flexibles por cuestión de deformación que genera daños en paredes, mantener la buena estabilidad y tener un sistema de cimentación competente para garantizar la seguridad al transmitir las cargas al suelo.

Para cumplir con esto se hacen las recomendaciones ilustradas en seguida.

Figura. 69 Continuidad Vertical - Continuidad en Planta – Continuidad en Altura



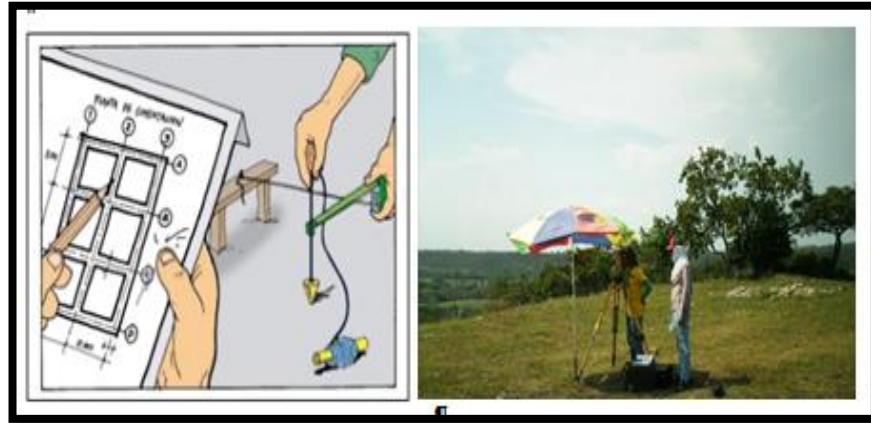
Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica)

El siguiente proceso constructivo está basado en una casa campestre de dos plantas ubicada en Neiva – Huila.

4.1. LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO

Se realiza este procedimiento con la finalidad de situar en terreno los alineamientos y cotas basado en las dimensiones y demás referencias indicadas en los planos como la revisión de los linderos (figura 70).

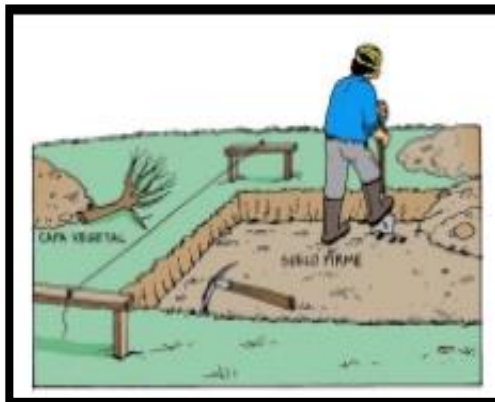
Figura. 70 Localización



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica), Autores

4.2. DESCAPOTE Y NIVELACION

Figura. 71 Descapote



Fuente: (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica)

Es necesario limpiar todo terreno de la capa vegetal para encontrar suelo firme o hacer los rellenos que sean pertinentes para lograr un terreno parejo, firme y duro.

EXCAVACION

Este paso se realiza de acuerdo a las especificaciones del plano y el replanteo que se hizo anteriormente, permite conocer de manera general la calidad del suelo y si es necesario mejorarlo o no.

4.3. BASE EN CICLÓPEO

Se hace una base en concreto ciclópeo donde posteriormente se armara la viga de cimentación, esta base tiene como finalidad garantizar que la casa este totalmente a nivel especialmente en terrenos ondulados para evitar que se produzca inclinación de la estructura por asentamiento u otros factores. (figura 72)

Figura. 72 Base Ciclópeo



Fuente: Autores

4.4. CIMENTACIÓN

Figura. 73 Cimentación



Fuente: Autores

Como se había definido en el predimensionamiento el sistema de cimentación está constituido por un grupo de vigas de amarre que a su vez forman anillos que soportan los muros estructurales, se arman sobre una viga de concreto ciclópeo que ayuda a nivelar, para estas se deben utilizar formaleatas humedecidas antes de vaciar el concreto para garantizar su calidad, luego se compacta y se vibra. Finalmente se enrasa para obtener mejor adherencia del mortero y se estría en los puntos donde se ubicaran los muros.

4.5 SOBRECIMENTOS

Son hileras de ladrillos ubicadas entre la viga de cemento y el nivel de piso, son útiles para evitar el paso de la humedad a pisos y muros (ver figura 74)

Figura. 74 Sobre cimientos



Fuente: Autores

4.6 TUBERÍAS Y CIMENTACIÓN

Figura. 75 Tuberías



Fuente: Autores

Cuando se requiere que las tuberías pasen debajo de la viga de cimentación (figura 75) se sugiere excavar la zanja antes de vaciar el concreto en ese punto; si por el contrario es necesario pasarla sobre la viga se recomienda hacerlo en el sobrecimiento. Lo que sí es claro es que nunca se debe pasar en medio de las vigas o columnas porque varía sus condiciones y propiedades de resistencia, razón por la cual en determinado caso que no haya más opción que pasar el tubo por la viga se admite pasar el tubo por la viga de concreto ciclópeo siempre y cuando su diámetro no supere los 15cm.

4.7 ARMADO DE PLACA PRIMER PISO

La losa del primer piso puede construirse de dos formas, una es entre las vigas de cimentación, en este caso la losa va aislada de la cimentación por el contrario si se arma la placa sobre los cimientos debe estar conectada a estos con acero.

Figura. 76 Armado Placa Concreto



Fuente: Autores

4.8 ARMADO DE COLUMNAS

Las columnas deben ser diseñadas para soportar cargas verticales, ubicadas de tal forma que no tengan contacto directo con el sol y/o la lluvia, de igual manera se requiere un dado para aislarlas del piso y así evitar que se deterioren. En su localización también influye la magnitud de las cargas, es decir las columnas son necesarias en puntos donde los muros no resisten las cargas transmitidas. (Figura 77)

Figura. 77 Columnas

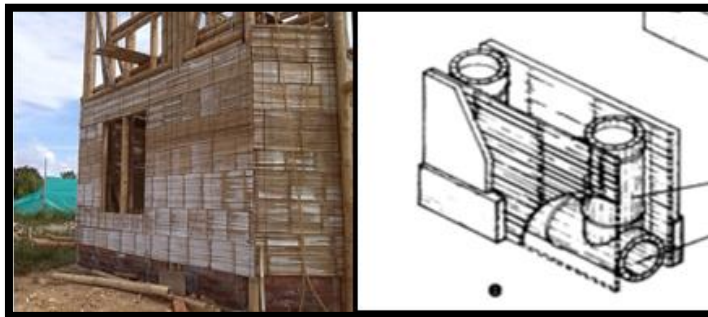


Fuente: Autores

4.9 ARMADO DE MUROS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO

Los muros como dice en la NSR-10 pueden ser estructurales con o sin diagonales, se componen de solera superior e inferior, pies derechos y elementos diagonales, como parte estructural la cual es amarrada con malla de alambre y esterilla de guadua los cuales son anclados directamente a la parte estructural para finalmente recubrir con mortero. Se recomienda que los muros ubicados en las esquinas sean arriostrados en las dos direcciones. (Ver figura 78) Cuando los muros estructurales no tienen diagonales, solo pueden ser sometidos a cargas verticales por lo tanto son utilizados donde se ubican puertas y ventanas.

Figura. 78 Muros en Bahareque



Fuente: Autores

4.10 ARMADO DE VIGAS SOLERAS

Las vigas soleras cumplen la misma función de las vigas de coronación en las viviendas de concreto reforzado, estas deben ir bien amarradas a los pies derechos y conjuntamente con los entrepisos y estructura de cubierta de manera que se forme un diafragma (figura 79).

Figura. 79 Vigas Soleras

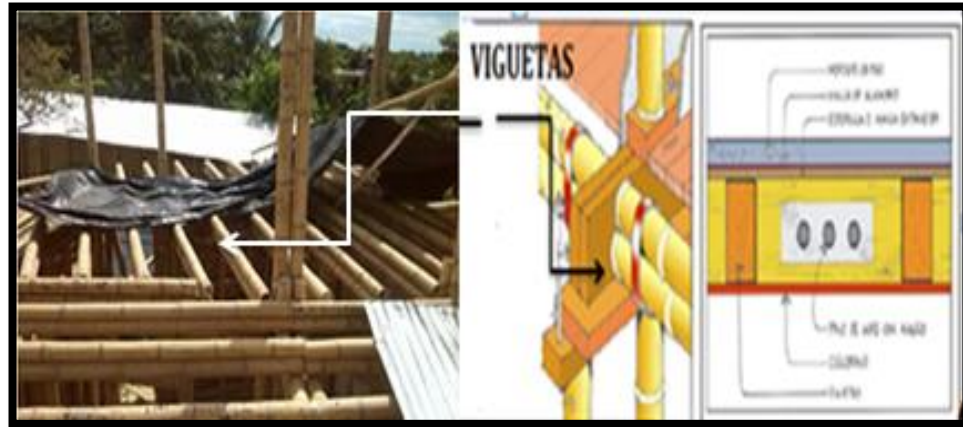


Fuente: (Asociación Colombiana de Ing. Sismica), Autores

4.11 ARMADO DE ENTREPISO

Construir una estructura de entrepiso requiere la colocación de largueros, alfardas o viguetas dobles, es decir una guadua sobre la otra debidamente amarradas con una separación entre 0,30m a 0,40m y en los puntos de unión rellenos con mortero 1:3 para evitar aplastamiento.

Figura. 80 Armado Entrepiso



Fuente: (Asociación Colombiana de Ing. Sísmica), Autores

4.12 INSTALACIÓN DE REDES SANITARIAS, HIDRÁULICAS, ELÉCTRICAS

Las redes hidrosanitarias nunca pueden atravesar los elementos estructurales de la cimentación, las redes de tuberías deben ubicarse de manera que no se afecten los elementos estructurales para evitar que estos pierdan su resistencia. Por economía, resistencia y durabilidad el material más apropiado y utilizado para esta actividad es el PVC.

Figura. 81 Redes Hidrosanitarias



Fuente: Autores

4.13 CONTINUIDAD DE MUROS SEGUNDO PISO

Figura. 82 Muros piso 2



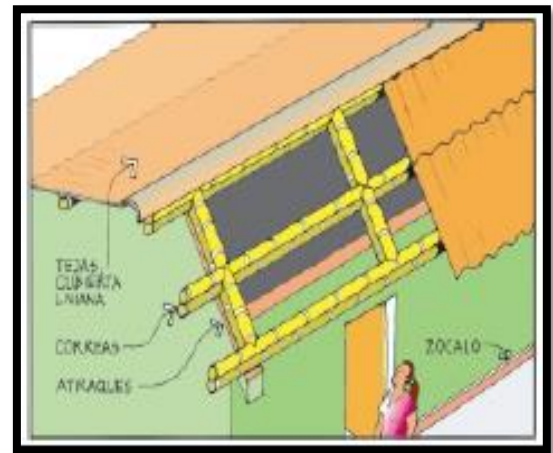
Fuente: Autores

Los muros del segundo nivel son armados de igual forma como los del primer piso, manteniendo siempre la regularidad de forma, la continuidad en altura para que las cargas sean transmitidas correctamente, estos muros deben ir amarrados a las vigas de entrepiso

4.14 CUBIERTA

La cubierta debe quedar aislada especialmente cuando se trata de materiales que pueden transmitir humedad a la guadua sin dejar de lado que el material aislante debe permitir la ventilación de los culmos; otro aspecto importante es el peso, por lo cual se recomienda utilizar una cubierta liviana y así evitar el sobre peso en la estructura (tener en cuenta el peso en la evaluación de cargas para efectos de diseño). La parte estructural está conformada por correas las cuales soportan las tejas y transfieren las cargas verticales y horizontales y para ello son arriostradas a las vigas soleras.

Figura. 83 Cubierta



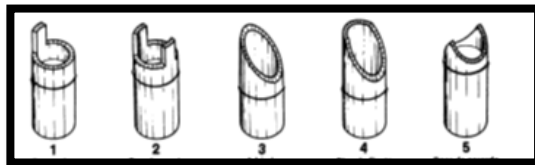
Fuente: (Asocioacion Colombiana de Ing. Sismica)

4.15 ACABADOS

Como acabados se tiene la instalación de cielos rasos los cuales deben permitir la ventilación tanto en cubiertas como en entrepisos; en cuanto a enchapes se debe evitar que sean muy pesados por esto en las zonas húmedas como en los baños se sugiere enchapar toda esta zona pegado con mortero y sin uso de esterilla de guadua.

4.16 CORTES TIPICOS EN LOS CULMOS

Figura. 84 Cortes Típicos



Fuente: (Lopez)

1. Corte con oreja
2. Corte con dos orejas
3. Corte a bisel

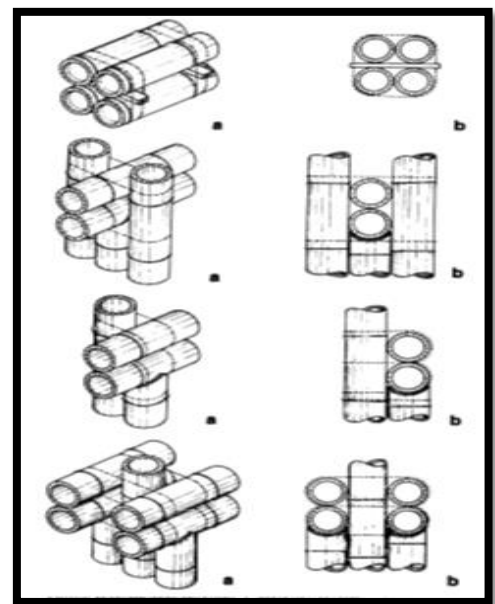
4. Corte Pico de flauta
5. Corte Boca de pescado

Estos cinco tipos de corte fueron utilizados hace algún tiempo sin embargo los que se realizan actualmente y que permiten un mejor desempeño de las uniones son los tres últimos como se vio en la figura 84.

4.17 SOPORTES DE VIGAS

Inicialmente cuando un elemento estructural requería más de canuto para soportar la carga al que era sometido se amarraban las guaduas como se muestra en la figura pero los estudios han llevado a hacer que estos amarres sean con zunchos y/o pernados para garantizar que las unidades que conforman el elemento trabajen conjuntamente razón por la que ya no se utilizan estos métodos.

Figura. 85 Tipos Soporte Vigas



Fuente: (Lopez)

CONCLUSIONES

- El objetivo principal del proyecto se llevó acabo satisfactoriamente ya que se realizó el conjunto de herramientas para un estudio eficaz y pertinente en cuanto al diseño de elementos estructurales de este tipo de edificaciones también se obtuvo una guía de construcción con base a una obra que está en proceso de ejecución.
- Las estructuras en guadua son una gran solución constructiva por que cuenta con ventajas como el de actuar como agente regulador térmico y acústico, y también trae beneficios por sus costos y tiempos de ejecución.
- La guadua como material de construcción está perdiendo protagonismo dentro del medio por falta de documentos técnicos homologados que respalden sus características como los beneficios ambientales ya que es un recurso renovable por que no se tala si no q se poda.
- Este material no se adquiere con facilidad en el mercado y por este motivo el ingeniero o el encargado de compras debe conocer las características pertinentes de una buena guadua
- La norma sismo resistente del 2010 da a conocer algunas propiedades de la guadua de forma general, pero estos valores dependen de la región de donde se obtenga el material.
- Las cargas de viento son de gran importancia para el estudio de las cubiertas ya que con ellas se puede verificar el comportamiento de la misma bajo el efecto de Sotavento y Barlovento. Este análisis se debe realizar de una forma detallada y profunda en zonas de alta presencia de huracanes como en la Zona Caribe.
- Cuando se verificó la columna con nomenclatura C1 se observó que n cumplía la sección del elemento por la propiedad geométrica denominada inercia, la recomendación es aumentar la cantidad de culmos diseñando una configuración adecuada y así disminuir la esbeltez.
- La agilidad del desempeño de un diseñador estructural se debe al buen manejo de herramientas como softwares, hojas de cálculo y a los conocimientos actualizados en el campo de análisis.

Bibliografía

- (s.f.). Obtenido de <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/07918125619162605851.introduccion+a+las+estructuras+de+acero.pdf>
- (s.f.). Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesgaviota/informatica/html.html>)
- acesco. (s.f.). acesco. Obtenido de <http://www.acesco.com/downloads/manual/ManualDeCubiertas.pdf>
- Ajover. (s.f.). Ajover. Obtenido de <http://www.estructurasytechos.com/images/pdf/trapezoidal.pdf>
- Ajover. (s.f.). Ajover. Obtenido de <http://www.ajover.co/es/construccion/tanques-multiuso/tanques-multiusos>
- Andalucia, J. d. (s.f.). Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesgaviota/informatica/html.html>)
- AProgramar, A. (s.f.). Obtenido de http://aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=492:ique-es-php-y-ipara-que-sirve-un-potente-lenguaje-de-programacion-para-crear-paginas-web-cu00803b&catid=70:tutorial-basico-programador-web-php-desde-cero&Itemid=193)
- Asociacion Colombianna de Ingenieria Sismica. (2010). *REglamento Colombiano de Construccion Sismo Resistente NSR-10*. Bogota, Colombia.
- Asocioacion Colombiana de Ing. Sismica. (s.f.). *Manual de Construccin en Bahareque*,. bogota.
- Bambú. (s.f.).
- Crouzet, S. . (1998). *Bambúes*. Evergreen.
- El Hogar Natural. (s.f.). *El Hogar Natural*. Obtenido de www.elhogarnaturall.com
- Gutierrez, E. d. (Julio de 2011). Proyecto Fin de Carrera Aplicaciones Estructurales de la Guadua. Madrid, España.
- Huila, G. d. (2014). http://www.huila.gov.co/documentos/SIR/Mapas/A_HUILA%20EN%20COLOMBIA.pdf.
- IF, F. C.-R. (s.f.). *Manual de Silvicultura de la Guadua*.
- Lopez, O. H. (s.f.). *Manual de Construcción con Bambú*. Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Editores.
- Minke, G. (s.f.). *Manual de Construcción con Bambú*.
- Moreno, J. C.-M. (mayo de 2012). Obtenido de <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0063284.pdf>
- Sica, M. (s.f.). *Mundo Sica*. Obtenido de http://mundosica.github.io/tutorial_hispano_jQuery/sesion01/index.html
- wikipedia. (s.f.). *wikipwdia*. Obtenido de <http://en.wikipedia.org/wiki/Chusquea>

Referencias

- (s.f.). Obtenido de <http://www.registrocdt.cl/registrocdt/www/admin/uploads/docTec/07918125619162605851.introduccion+a+las+estructuras+de+acero.pdf>
- (s.f.). Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesgaviota/informatica/html.html>)
- acesco. (s.f.). acesco. Obtenido de <http://www.acesco.com/downloads/manual/ManualDeCubiertas.pdf>
- Ajoever. (s.f.). Ajoever. Obtenido de <http://www.estructurasytechos.com/images/pdf/trapezoidal.pdf>
- Ajoever. (s.f.). Ajoever. Obtenido de <http://www.ajover.co/es/construccion/tanques-multiuso/tanques-multiusos>
- Andalucia, J. d. (s.f.). Obtenido de <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesgaviota/informatica/html.html>)
- AProgramar, A. (s.f.). Obtenido de http://aprenderaprogramar.com/index.php?option=com_content&view=article&id=492:ique-es-php-y-ipara-que-sirve-un-potente-lenguaje-de-programacion-para-crear-paginas-web-cu00803b&catid=70:tutorial-basico-programador-web-php-desde-cero&Itemid=193)
- Asociacion Colombianna de Ingenieria Sismica. (2010). *REglamento Colombiano de Construccion Sismo Resistente NSR-10*. Bogota, Colombia.
- Asocioacion Colombiana de Ing. Sismica. (s.f.). *Manual de Construccin en Bahareque*,. bogota.
- Bambú. (s.f.).
- Crouzet, S. . (1998). *Bambúes*. Evergreen.
- El Hogar Natural. (s.f.). *El Hogar Natural*. Obtenido de www.elhogarnaturall.com
- Gutierrez, E. d. (Julio de 2011). Proyecto Fin de Carrera Aplicaciones Estructurales de la Guadua. Madrid, España.
- Huila, G. d. (2014). http://www.huila.gov.co/documentos/SIR/Mapas/A_HUILA%20EN%20COLOMBIA.pdf.
- IF, F. C.-R. (s.f.). *Manual de Silvicultura de la Guadua*.
- Lopez, O. H. (s.f.). *Manual de Construcción con Bambú*. Estudios Técnicos Colombianos Ltda. Editores.
- Minke, G. (s.f.). *Manual de Construcción con Bambú*.
- Moreno, J. C.-M. (mayo de 2012). Obtenido de <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0063284.pdf>
- Sica, M. (s.f.). *Mundo Sica*. Obtenido de http://mundosica.github.io/tutorial_hispano_jQuery/sesion01/index.html
- wikipedia. (s.f.). *wikipwdia*. Obtenido de <http://en.wikipedia.org/wiki/Chusquea>