

**DISEÑO DEL LABORATORIO DE MATERIALES NO CONVENCIONALES EN  
LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**



**STEPHAN ANDRÉS SALAZAR ARIAS  
ANDRÉS HERMÓGENES TRUJILLO RINCÓN**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA AGRÍCOLA  
NEIVA – HUILA  
2012**

**DISEÑO DEL LABORATORIO DE MATERIALES NO CONVENCIONALES EN  
LA GRANJA EXPERIMENTAL DE LA UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA**

**STEPHAN ANDRÉS SALAZAR ARIAS  
ANDRÉS HERMÓGENES TRUJILLO RINCÓN**

**Proyecto de grado presentado como requisito, para optar al título de:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**Director**

**MSC. MAURICIO DUARTE TORO**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA AGRÍCOLA  
NEIVA – HUILA  
2012**

**Nota de Aceptación:**

---

---

---

---

---

---

Director Del Trabajo  
Mauricio Duarte Toro  
Ing. Agrícola

---

Jurado

---

Jurado

Neiva, septiembre de 2012.

## AGRADECIMIENTOS

Tras culminar esta fase de nuestras vidas expresamos los más sinceros agradecimientos a:

Primero a DIOS por permitirme salir adelante en mis estudios profesionales como ingeniero agrícola, en la realización de este proyecto de vida.

A nuestros padres Eivar Salazar, Hermógenes Trujillo, Marleny Rincón y Aleida Arias que nos apoyaron incondicionalmente para la realización de cada una de nuestras metas.

A Doña Gladys por colaborarnos incesantemente durante todos los años de estudio.

A grandes amigos, Jaime Andrés Trujillo, Leonel Solano, Juan Guillermo Bolívar, Yilbert Oviedo por creer en nosotros, en este proyecto y darnos ánimos para la culminación del mismo.

A nuestros profesores de la Universidad Surcolombiana que fueron incondicionales para la realización de este proyecto.

A la Biblioteca de la Universidad Surcolombiana en cabeza de Cony y Elena, que nos acogieron como a un hijo, permitiéndonos hacer uso de todas sus instalaciones, aparte nos soportaron durante 6 inagotables años.

A nuestro director de tesis Mauricio Duarte Toro por darnos la oportunidad de trabajar en este proyecto y tener la paciencia de aguantarnos.

Al laboratorio de construcciones dirigido por Don Efrén Mosquera al alojarnos para la ejecución de este proyecto

## DEDICATORIA

A Dios porque sin su ayuda nada de esto sería posible, a nuestros padres, a Juan Sebastián Trujillo y Katherine Pérez que son el apoyo e inspiración para salir adelante, a Sara y Camila del Mar Salazar que son el motor de mi vida hoy y siempre, a familiares, profesores, amigos y todo el resto de colaboradores que hicieran que todo este proyecto fuera posible.

## TABLA DE CONTENIDO

|   | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN  | 1    |
| PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA                                      | 2    |
| 1. OBJETIVOS  | 3    |
| 1.1. Objetivo General   | 3    |
| 1.2. Objetivos Específicos                                      | 3    |
| 2. MARCO TEÓRICO  | 4    |
| 2.1. La Guadua  | 4    |
| 2.2. Generalidades  | 5    |
| 2.3. La Guadua Angustifolia “El Bambú Colombiano”               | 6    |
| 2.3.1. Condiciones Ecológicas Para su Desarrollo                | 8    |
| 2.3.2. Características Morfológicas                             | 8    |
| 2.3.2.1. El Tallo o Culmo                                       | 8    |
| 2.3.2.2. Rizoma   | 9    |
| 2.3.2.3. Las raíces   | 9    |
| 2.3.2.4. Las ramas  | 9    |
| 2.3.2.5. Las hojas  | 9    |
| 2.3.2.6. La semilla   | 10   |
| 2.3.2.7. Las flores   | 10   |
| 2.3.3. Características Físicas De Suelos Para Cultivo De Guadua | 10   |
| 2.3.3.1. Textura  | 10   |
| 2.3.3.2. Estructura   | 11   |
| 2.3.3.3. Contenido de Humedad                                   | 11   |
| 2.3.3.4. Conductividad Hidráulica                               | 11   |
| 2.4. Importancia de la guadua                                   | 12   |
| 2.4.1. Importancia Ambiental                                    | 12   |
| 2.5. Variedades de Guadua                                       | 13   |
| 2.5.1. Guadua Macana  | 14   |
| 2.5.2. Guadua Cebolla   | 15   |
| 2.5.3. Guadua Rayada  | 16   |
| 2.6. Preservación e Inmunización de la Guadua                   | 17   |

|  |    |
|--|----|
| 2.6.1. Secado al Aire                                | 18 |
| 2.6.2. Secado en la Planta                           | 18 |
| 2.6.3. Secado al Calor                               | 19 |
| 2.6.4. Método Boucherie                              | 21 |
| 2.7 Formación de la Guadua                           | 22 |
| 2.7.1. Corte de la Guadua                            | 22 |
| 2.8 Características de los Componentes del Guadua    | 23 |
| 2.8.1. Guadua Joven “Viche”                          | 23 |
| 2.8.2. Guadua Madura “ <i>Hecha</i> ”                | 24 |
| 2.8.3. Guadua Sobre-madura                           | 25 |
| 2.8.4. Guadua Seca                                   | 26 |
| 2.9. Bahareque                                       | 28 |
| 2.9.1. Generalidades                                 | 29 |
| 2.9.2. Tipos de Construcción en Bahareque            | 30 |
| 2.9.2.1. Bahareque Tradicional                       | 30 |
| 2.9.2.2. Bahareque Prefabricado                      | 30 |
| 2.9.3. Características Bahareque Tradicional         | 30 |
| 2.9.3.1. Estructura                                  | 30 |
| 2.9.3.2. Material de Relleno                         | 30 |
| 2.9.4. Selección y Descripción de los Materiales     | 30 |
| 2.9.4.1. Tierra                                      | 30 |
| 2.9.4.2. Tierra de Embutidos                         | 30 |
| 2.9.4.3. Tierra para Pañete y Sobrepañete            | 30 |
| 2.9.4.4. Agua  | 30 |
| 2.9.4.5. Material Vegetal                            | 31 |
| 2.9.4.6. Guadua                                      | 31 |
| 2.9.4.7. Madera                                      | 31 |
| 2.9.4.8. Puntillas                                   | 31 |
| 2.9.4.9. Alambre                                     | 31 |
| 2.10. Preparación del Material                       | 31 |
| 2.10.1. Embutido                                     | 31 |
| 2.10.2. Pañete                                       | 31 |
| 2.10.3. Sobrepañete                                  | 31 |
| 2.10.4. Guadua                                       | 31 |
| 2.11. Forma de Construcción de Bahareque Tradicional | 32 |
| 2.12. Ventajas                                       | 32 |

|   |    |
|---|----|
| 2.13. Desventajas                               | 32 |
| 2.14. Propiedades                               | 33 |
| 2.14.1. Propiedades Físicas                     | 33 |
| 2.14.1.1. Peso Específico                       | 33 |
| 2.14.1.2. Susceptibilidad a la Humedad          | 33 |
| 2.14.1.3. Susceptibilidad a Sales y Ácidos      | 33 |
| 2.15. Propiedades Mecánicas                     | 33 |
| 2.15.1. Resistencia a la Compresión             | 33 |
| 2.15.2. Plasticidad                             | 33 |
| 2.15.3. Resistencia a la Tensión                | 33 |
| 2.16. Propiedades Térmicas                      | 33 |
| 2.16.1. Aislante Térmico                        | 33 |
| 2.16.2. Resistencia al Fuego                    | 33 |
| 2.17. Usos                                      | 34 |
| 2.17.1. Vivienda                                | 34 |
| 2.17.1. Construcciones Agrícola                 | 34 |
| 2.17.1. Posibles Usos Adicionales               | 34 |
| 2.18. Bahareque Prefabricado                    | 34 |
| 2.18.1. Características Bahareque Prefabricado  | 34 |
| 2.18.2. Estructura                              | 34 |
| 2.18.3. Pañete                                  | 34 |
| 2.19. Selección y Descripción de los Materiales | 35 |
| 2.19.1. Guadua                                  | 35 |
| 2.19.2. Arena                                   | 35 |
| 2.19.3. Cemento                                 | 35 |
| 2.19.4. Madera                                  | 35 |
| 2.19.5. Puntillas                               | 35 |
| 2.19.6. Alambre                                 | 35 |
| 2.20. Preparación del Material                  | 35 |
| 2.20.1. Pañete                                  | 35 |
| 2.20.2. Pañete Rústico                          | 35 |
| 2.20.3. Pañete Liso                             | 36 |
| 2.20.4. Guadua                                  | 36 |
| 2.21. Elaboración de los Módulos                | 36 |

|  |    |
|--|----|
| 2.22. Propiedades  | 37 |
| 2.23. Usos   | 37 |
| 2.23.1. Vivienda   | 37 |
| 2.23.2. Posibles Usos  | 37 |
| 2.24. Bahareque Encementado                                  | 37 |
| 2.24.1. Constitución   | 37 |
| 2.24.2. Entramado  | 38 |
| 2.24.3. Recubrimiento  | 38 |
| 2.24.4. Materiales   | 38 |
| 2.24.4.1. Guadua   | 38 |
| 2.24.4.2. Madera Y Complementarios                           | 38 |
| 2.24.4.3. Mortero  | 39 |
| 2.24.4.4. Concreto Y Acero De Refuerzo                       | 39 |
| 2.24.4.5. Mallas De Refuerzo Del Revoque                     | 39 |
| 2.24.5. Clasificación De Muros                               | 39 |
| 2.24.5.1. Muros Estructurales Con Diagonales                 | 40 |
| 2.24.5.2. Muros Estructurales Sin Diagonales                 | 40 |
| 2.24.5.3. Muros No Estructurales                             | 40 |
| 2.24.6. Composición De Muros                                 | 40 |
| 3.0. Metodología   | 42 |
| 3.1. Ubicación General y Características del Área de Estudio | 42 |
| 3.2. Descripción de Suelos                                   | 43 |
| 3.3. Propiedades Físicas                                     | 44 |
| 3.4. Especificaciones Técnicas de Construcción               | 44 |
| 3.4.1. Descapote y Nivelación Manual                         | 44 |
| 3.4.2. Localización y Replanteo                              | 45 |
| 3.4.3. Excavación a Mano                                     | 45 |
| 3.5. Diseño de Instalaciones en Climas Cálidos               | 45 |
| 3.5.1. Bienestar   | 45 |
| 3.5.2. Temperatura   | 45 |
| 3.5.3. Ventilación y Climatización                           | 46 |
| 3.5.4. Orientación   | 47 |
| 3.6. Fase Inicial  | 47 |
| 3.6.1. Áreas por Árbol de Procesos para la Transformación    |    |

|  |    |
|--|----|
| De la Guadua   | 48 |
| 3.6.2. Área de Corte de la Guadua                                    | 49 |
| 3.6.3. Área de Curado o Inmunización de la Guadua                    | 49 |
| 3.6.4. Área de Secado de la Guadua                                   | 50 |
| 3.6.5. Área de Almacenamiento de la Guadua                           | 50 |
| 3.6.6. Área o Proceso de Manufactura de la Guadua                    | 50 |
| 3.7. Fase Media  | 50 |
| 3.7.1. Especificaciones Técnicas de la Guadua                        | 50 |
| 3.8. Fase Final  | 54 |
| 3.8.1. Cantidades de Obra  | 55 |
| 3.8.2. Análisis de Precios Unitarios (A.P.U.)                        | 55 |
| 3.8.3. Presupuesto   | 55 |
| 3.8.4. Planos  | 55 |
| 4.0. Resultados Y Análisis De Resultados                             | 56 |
| 4.1. Diseño de Iluminación   | 56 |
| 4.1.1. Área de Trabajo   | 56 |
| 4.1.2. Oficina   | 56 |
| 4.2. Placa de Concreto   | 57 |
| 4.3. Diseño de Andén   | 57 |
| 4.4. Diseño de Muros   | 57 |
| 4.5. Diseño de Uniones en Guadua                                     | 58 |
| 4.6. Cálculo Estructurales Para Estructuras en Guadua                | 59 |
| 4.6.1. Cálculo de las Cargas de Viento                               | 59 |
| 4.6.2. Cálculo de Secciones  | 62 |
| 4.6.3. Cálculo de las Deflexiones                                    | 65 |
| 4.6.4. Cálculo de Esfuerzo a Tensión, Flexión,<br>Compresión y Corte | 65 |
| 4.6.5. Cálculo de Columnas   | 71 |
| 4.6.6. Cálculo de Zapatas  | 73 |
| 5.0. Conclusiones  | 76 |
| 6.0. Recomendaciones   | 77 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| 7.0. Bibliografía | 78 |
| 8.0. Anexos       | 79 |

## LISTA DE TABLAS

|  | Pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Áreas con Guadua en Colombia por Departamento                                       | 27   |
| Tabla 2. Clasificación Agrológica de los suelos de la Granja de la Universidad Surcolombiana | 44   |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura No. 1. Curado de la Mata   | 18 |
| Figura No. 2. Secado al Calor   | 19 |
| Figura No. 3. Tratamiento por Inmersión                                 | 20 |
| Figura No. 4. Método de Boucherie                                       | 21 |
| Figura No. 5. Método Boucherie  | 22 |
| Figura No. 6. Uniones   | 58 |
| Figura No. 7. Localización de la Granja de la Universidad Surcolombiana | 43 |
| Figura No. 8. Vista Frontal Laboratorio                                 |    |
| Figura No. 8. Guadua Sometida a Esfuerzo Cortante P                     | 66 |
| Figura No. 9. Guadua con carga Q  | 66 |
| Figura No. 10. Guadua con Soporte Máximo a Corte                        | 67 |

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

|   |    |
|---|----|
| Fotografía No. 1. Guadua Bicolor  | 4  |
| Fotografía No. 2. Guaduales, Actualidad Y Futuro De La Arquitectura De Bambú En Colombia. | 12 |
| Fotografía No. 3. Guaduas del Mundo   | 13 |
| Fotografía No. 4. Guadua Macana   | 14 |
| Fotografía No. 5. Guadua Cebolla  | 15 |
| Fotografía No. 6. Guadua Rayada   | 16 |
| Fotografía No. 7. Guadua Seca   | 17 |
| Fotografía No. 8. Método de Boucherie   | 21 |
| Fotografía No. 9. Guadua Joven  | 23 |
| Fotografía No. 10. Guadua Madura  | 24 |
| Fotografía No. 11. Guadua Sobre-Madura  | 25 |
| Fotografía No. 12. Vivienda Construida  | 29 |

## LISTA DE ANEXOS

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| Cantidad de Obra              | 81 |
| Análisis de Precios Unitarios | 81 |
| Presupuesto                   | 81 |
| Cronograma de Actividades     | 85 |

## INTRODUCCIÓN

La unidad de desarrollo productivo que nos provee la granja de la Universidad Surcolombiana es de gran ayuda en la formación del Ingeniero Agrícola, lo cual hace necesaria la implementación de un área de aprendizaje en todo lo relacionado con la construcción. Por tal motivo el diseño y posterior construcción de un Laboratorio con Materiales no Convencionales, es fuente de partida para que el estudiante aborde la problemática existente con los materiales convencionales de construcción, se capacite y haga uso de los materiales no convencionales para su florecimiento como profesional.

El objetivo del Laboratorio elaborado con Materiales no Convencionales en La Granja experimental de la Universidad Surcolombiana, busca estimular al estudiante al uso de los materiales no convencionales para sus proyectos constructivos teniendo en cuenta la problemática ambiental actual y a la vez proveerlo de herramientas útiles para el desarrollo óptimo de sus propuestas académicas, incentivando el enfoque ambiental del que debe estar provisto un Ingeniero Agrícola.

Se espera realizar un diseño económico y viable, para la implementación futura del Laboratorio de Materiales no Convencionales en la Granja experimental de la Universidad Surcolombiana con base a los parámetros establecidos por EL REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR-10, abarcados en el Título G- Estructuras de Madera y Estructuras en 1Guadua, y LA ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA "AIS", Título Viviendas en Bahareque tradicionales decreto 052.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Los Estudiantes de la Universidad Surcolombiana en su proyecto de desarrollo educativo necesitan fortalecer sus conocimientos a nivel práctico en áreas tales como Mecánica de Suelos, Materiales de Construcción, Construcciones Rurales, Diseño de Estructuras, Resistencia de Materiales y Saneamiento Rural.

No se posee un lugar de estudio práctico en el manejo de materiales no convencionales en la Universidad Surcolombiana, al momento de solicitar un espacio adecuado para el desarrollo de trabajos en alguna de las asignaturas anteriormente mencionadas, se carece de este, optando a que los estudiantes realicen sus proyectos en otros lugares diferentes al de la Universidad Surcolombiana y en muchas oportunidades a falta de espacios para las practicas se optan por no realizarlas.

El diseño de este Laboratorio en la Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana, permitirá la determinación de un espacio óptimo para el desarrollo de actividades prácticas, como también, el uso de los materiales no convencionales contribuye con el desarrollo de prácticas ambientales, sumado a que son materiales disponibles, económicos, de calidad, resistentes y estructuralmente viables.

Además cumplirá con objetivos primordiales que provee un laboratorio de materiales no convencionales como dar lineamientos a las practicas académicas en dichas materias ya antes mencionadas, entregar resultados de carácter investigativo al estudiante para poder cumplir con el desarrollo de la materia y colaborar con el ente de investigación, que provee el estudio de alternativas amigables con el medio ambiente, de carácter constructivo desarrollado por la Universidad Surcolombiana.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo General**

- ✓ Realizar los estudios y Diseños para obtener una estructura óptima para el Laboratorio de Materiales no Convencionales en La Granja Experimental de la Universidad Surcolombiana usando Guadua y Bahareque.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Diseñar el Laboratorio con Materiales no Convencionales, con base a los requerimientos Técnicos dados por Las Normas Técnicas Colombianas (NTC), El Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y el Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado de La Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica (AIS).
- ✓ Diseñar el Laboratorio con Materiales no convencionales atendiendo las condiciones ambientales, de confort y bienestar acorde a las condiciones climáticas de la zona.
- ✓ Elaborar planos pertinentes con los diseños arquitectónicos, estructurales, sanitarios, hidráulicos y eléctricos para el Laboratorio con Materiales no convencionales.
- ✓ Elaborar un presupuesto detallado de los costos que demandarían la construcción del Laboratorio de Materiales no Convencionales, con sus respectivos Análisis de Precios Unitarios.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. La Guadua

En general la anatomía de los bambúes y partes importantes taxonómicas aún no se discuten en los estudios o monografías de estas especies. La variación de los más de 80 géneros de bambú y sus más de 1000 especies son pequeñas pero muy significativas cuando se comparan con la gran cantidad de heterogéneas estructuras de las diversas maderas.

La guadua es una planta multicelular con diferente tipo de células organizadas en grupos que se denominan tejidos. Las propiedades físicas y químicas del tallo se determinan por su estructura anatómica.<sup>1</sup>



Fotografía No.1. Guadua Bicolor.  
<http://www.guaduabamboo.com/la-guadua-angustifolia.html>

---

<sup>1</sup>GIRALDO HERRERA, Edgar. SABOGAL, Aureliano. La Guadua una Alternativa Sostenible. 1 ed. Armenia: 1999. pág. 57. CRQ, Corporación Autónoma regional del Quindío.

## 2.2. Generalidades

La guadua es una de las 1250 especies de bambú existente en el mundo, de las cuales 250 están en América correspondientes a 18 géneros. Es una de las más sobresalientes por sus características físicas, mecánicas, ornamentales y medicinales, es Larga, recta, pareja, hueca, liviana. Esbelta, modulada, resistente, tersa, acabada y de bello color. Es frecuente encontrar varas de 25 a 30 metros. (Valencia, 1993)

Nombre Vulgar: Guadua Macana

Nombre Científico: Bambusa Guadua (Humbolt y Bonpland)

Guadua Angustifolia (Kunt)

Graminae Bambusoidae (Mc Clure)

Grupo: Angiosperma

Clase: Monocotiledonea

Género: Bambusa (Valencia, 1993)

Según la diversidad de las especies de guaduas cultivadas en Colombia la más indicada para trabajar de manera constructiva es la especie Angustifolia Kunt o más conocida como guadua macana.

Además es una de las pocas especies de cultivo y conservación dentro del acelerado progreso tecnológico, teniendo innumerables usos, tanto constructivo, económico, artesanal y ambiental; en los países en donde la cultivan tienen más usos, viéndose con más auge en pueblos.

Es una planta arborescente de tallo leñoso y fuerte, interrumpido por tabiques interiores que corresponden a los nudos, los cuales son prominentes; de color claro cuando inicia la cosecha y se tornan más oscuros cuando maduran.

Los tallos están provistos en el tercio superior de las ramas palmeadas que nacen alternas en los nudos.<sup>2</sup>

“Presenta hojas alternas lanceoladas, agudas, estrechas, esta planta raras veces florece, presenta dos tipos de floración: una de tipo esporádico que es causada

---

<sup>2</sup>VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. pág. 56.

por la influencia de tipo fisiológico y la otra de tipo gregaria que solo ocurre una vez completando la planta su ciclo de vida.”<sup>3</sup>

“El bambú puede moldearse longitudinal o transversalmente por medios artificiales según la forma que uno le quiera dar. La guadua es un cultivo rentable, que proporciona protección de cuencas hidrográficas, conservación de suelos y material de construcción, destacándose por su alta resistencia al ataque de los insectos y por ser un recurso al alcance de la mano ha sido objeto de mal manejo y sobre explotación, lo que la ha convertido en una especie en vía de extinción, por eso se hace necesario fomentar el cultivo de tan valioso material.”<sup>4</sup>

### **2.3. La guadua angustifolia “el bambú colombiano”**

Siendo la guadua una especie forestal representada por anchos y modulados tallos que embellecen el paisaje de los valles interandinos es larga, recta, uniforme en su desarrollo, liviana, hueca, resistente, suave, de rápido crecimiento, de bello color e imperceptiblemente cónica.

Una vez sembrada, estará ahí toda la vida. Mientras un árbol maderable demora en crecer 15 o 20 años, un bambú apenas necesita cinco años. Ya se está reconociendo el bambú como recurso económico, protector de la tierra y fuente de ingresos. Las familias campesinas saben que si siembran hay industrias que se lo compran. Se está propiciando un nuevo tipo de economía. Innumerables usos por sus características físico-mecánicas que garantizan elementos estructurales para falsa obra, pisos, paredes, tabiques, puertas, ventanas, artesanías y otros.

Contribuye a la preservación de cuencas hidrográficas, quebradas y laderas erosionadas, que proporcionan una eficiente recuperación de los suelos por su gran capacidad de amarre del sistema rizomático. Es decir, donde hay agua no se seca el río y el agua es potable. Aporta al entorno su mejoramiento paisajístico, aportando color, armonía y purificación ambiental. Constituyen recursos florísticos de gran importancia ecológica por propiciar condiciones de humedad, luz y temperatura a un sinnúmero de especies naturales (Rodríguez, 2008).

---

<sup>3</sup>RODRIGUEZ ALONSO, Cesar A. MORALES DIAZ, Estefan. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural: Análisis de un caso práctico. 1 ed. Girona, España. 2008. Págs. 15.

<sup>4</sup> VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. pág. 56-57.

Para ejecutar construcciones adecuadas con guadua, es indispensable conocer y elaborar correctamente el proceso preliminar de cultivo y obtención del material.” (Rodríguez, 2008).

La guadua igual al resto de especies maderables requiere de un proceso de inmunización, porque igualmente se encuentra expuesta por agentes bióticos (plagas), entre los que encontramos roedores, escarabajos y otros insectos.

Existen pocas especies maderables que tengan tantas ventajas como el bambú, el hecho de que se llegue a usar correctamente en nuestro país depende de “la voluntad” que tengamos los que lleguemos a conocer estas “posibilidades” y decidimos a utilizarla.

“Existen diversos aspectos de preservación a tener en cuenta por el contenido de almidón y humedad presentes en el bambú:

- ✓ En la plantación es recomendable colocar culmos cortados y recostados lo más verticalmente posible sobre los culmos circundantes, de manera que se mantengan aislados del suelo.
- ✓ El material debe secarse, ya sea al aire libre (colocando los culmos horizontalmente y espaciados, bajo una cubierta ligera), en estufa o cámaras de metal o ladrillo y hormigón (es la forma más rápida) o a fuego abierto (a una distancia de 40 o 50cm. del suelo, se introducen carbones y/o maderas secas encendidas).
- ✓ Por medio de sustancias químicas preservantes, se ayuda a prolongar las estructuras físicas y los componentes del Bambú.

El volumen y el rendimiento del Bambú varían de acuerdo a la especie en particular y a las condiciones en que se encuentre. Existe un volumen anual actual de 1.000.0000 de toneladas de producción en todo el mundo.”<sup>5</sup>

La Guadua angustifolia se encuentra en estado natural en Colombia, Ecuador y Venezuela, en donde existen colonias dominantes conocidas habitualmente como “guadales” concentrados principalmente en la región andina, en su estado silvestre se encuentra entre los 0 y 2000 msnm.

---

<sup>5</sup>RODRIGUEZ ALONSO, Cesar A. MORALES DIAZ, Estefan. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural: Análisis de un caso práctico. 1 ed. Girona, España. 2008. Págs. 16-17.

Esta se encuentra a la orilla de ríos y quebradas del área media andina. La guadua angustifolia ha sido introducida a varios países de Centroamérica y del Caribe, e inclusive al Asia, Norteamérica y Europa. Propagada por diversos métodos tanto naturales como genéticos.

### **2.3.1. Condiciones Ecológicas Para su desarrollo**

La guadua crece espontánea en condiciones óptimas de 400-1800 m.s.n.m. Se desarrolla en suelos arcillosos como en arenosos, pero se encuentra de preferencia en los suelos francos o arenosos de las vegas de los ríos. Crece bien en los suelos con buen drenaje pero también se desarrolla en lechos cenagosos o húmedos. En Colombia en los suelos formados por cenizas volcánicas como los del Valle del Cauca, Caldas, Risaralda, Quindío y Antioquia son muy propicios para la guadua.

Se recomienda su propagación en zonas con los siguientes parámetros climáticos y las siguientes recomendaciones:

- ✓ Precipitaciones entre 1300-1500 mm. Con abundancia de nubes, ambiente caluroso y húmedo.
- ✓ Temperaturas que oscilen entre 20 y 26° C.
- ✓ La siembra debe hacerse en épocas de lluvia.
- ✓ La diferencia de suelos como las distintas condiciones de humedad del mismo, producen variaciones en la calidad de la madera de la guadua.<sup>6</sup>

### **2.3.2. Características Morfológicas**

De acuerdo con el Centro Nacional para el estudio del bambú y el Ministerio de Agricultura y desarrollo rural, la guadua se divide en las siguientes partes, las cuales se describirán a continuación:

#### **2.3.2.1. El Tallo o Culmo**

“Es de forma cilíndrica y cónica, con entrenudos huecos denominados tabiques y nudos esparcidos de forma transversal que garantizan mayor rigidez, flexibilidad y

---

<sup>6</sup> VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. págs. 57-58.

resistencia de los tallos. El culmo, tallo o Guadua está formado por fibras longitudinales que de acuerdo a su edad (juvenil, hecha, madura) se lignifican, entregándonos una extraordinaria resistencia en la parte maderable y en la cara exterior.

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: cuello, nudos y cañutos. Se le denomina cuello a la parte de unión entre el rizoma y el culmo, nudo a los puntos de unión a los cañutos; y cañuto a la porción del culmo comprendida entre dos nudos.” (Perea, 2003)

#### **2.3.2.2. Rizoma**

Es un tallo modificado, subterráneo, que conforma el soporte de la planta. Es el lugar por donde la guadua absorbe los nutrientes. Se ha utilizado en estabilización de las laderas y prevención de la erosión producida por escorrentía, vientos fuertes y desmoronamiento. (Perea, 2003).

#### **2.3.2.3. Las Raíces**

Dependiendo del suelo en que se encuentre pueden alcanzar un grosor de 5 mm, y profundidades hasta de 1.50 metros parte de ellas se profundizan y otras se extienden de forma horizontal. (Perea, 2003).

#### **2.3.2.4. Las Ramas**

A diferencia del tallo son macizas, en algunos casos se atrofian y son reemplazadas por unas espinas de 10 o 15 centímetros, sus ramas son muy especiales, crecen casi solitarias. (Perea, 2003).

#### **2.3.2.5. Las Hojas**

Son de color verde especial, inconfundible en la distancia y en medio de otras plantaciones, sobresale el color de sus hojas, generalmente las hojas tienen la punta muy similar a una lanza, por lo tanto son hojas lanceoladas y lisas. Las hojas aportan a su vez la denominada biomasa de la hoja (en un año 4 kilos por 1 metro cuadrado) transfiriendo nutrientes al suelo y demás plántulas que las rodean. (Perea, 2003).

Tiene otro tipo de hojas denominadas caulinares que son las que cubren el tallo desde su nacimiento hasta su madurez, son de color café, provistas de pelusillas como sistemas de defensa.

#### **2.3.2.6. La Semilla**

Se asemeja a un grano de arroz (es una gramínea) de coloración blancuzca muy clara en su interior y con un café muy claro en su exterior, es de aproximadamente 5 y 8 milímetros de larga y 3 milímetros de espesor. (Perea, 2003).

#### **2.3.2.7. Las Flores**

En cuanto a la flor es muy diminuta se asemeja a una orquídea, de color violáceo o rosáceo, se dice que su color depende de la calidad del suelo donde está plantada, es una flor de vida muy corta, dura aproximadamente 48 horas, está ubicada en las partes terminales de las ramas superiores y en el primer tercio de la espiga. La flor de la Guadua se ha considerado imperfecta por tener las 2 estructuras reproductoras en el mismo culmo. La floración del Bambú-Guadua es gregaria es decir florecen todas las especies del planeta en una época determinada. Según estudios apuntan a decir que su floración se da aproximadamente cada 120 años y en bambú ornamental cada 15 años.<sup>7</sup>

### **2.3.3. Características Físicas de Suelos para Cultivo de Guadua**

#### **2.3.3.1. Textura**

El análisis de textura cuantifica la proporción relativa de las partículas del suelo en términos de porcentaje. Los guaduales se caracterizan por tener altos contenidos de arena en comparación con limos y arcilla (63,11%, 19,03% y 17,84 % respectivamente). En lo que tiene que ver con los compuestos cementales orgánicos, es necesario mencionar que el efecto agregante de la materia orgánica se hace mayor a medida que decrece el contenido de arcilla, además promueve la agregación y ayuda para estabilizar la estructura del suelo. (Rodríguez, 2008).

---

<sup>7</sup>PEREA RIVAS, Jairo. VILLEGAS RAMOS, Juan Pablo. CERQUERA BAHAMON, Yeisinit. CORTES, María del Pilar. Evaluación Y Documentación De Prácticas sobresalientes Sobre El Manejo De La Cosecha y maduración De La Guadua En El Departamento Del Huila. 1 ed. Neiva: 2003. Págs. 15-16 Ministerio de Agricultura y desarrollo cultural, Fundación para el desarrollo de la ingeniería.

### **2.3.3.2. Estructura**

En términos generales, la estructura que muestran los suelos considerados aptos para la guadua, se presenta en bloques sub-angulares, media y moderada, consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente pegajosa, característica que se observa en los primeros 15cm del horizonte. Hasta los 73cm la estructura es de bloques sub-angulares media y fina; consistencia en húmedo friable, en mojado, ligeramente pegajosa y plástica. De los 73cm en adelante no se encuentra estructuras definidas, grano suelto. (Rodríguez, 2008).

### **2.3.3.3. Contenido de Humedad**

El agro sistema de guadua se caracteriza por tener los mayores contenidos de humedad (34,88%); porcentaje que se considera alto si se compara con un cultivo de cítricos que es del 19,71%. Los guaduales con mayor densidad aparente y real son los que poseen suelos con mayor volumen de poros y por consiguiente pueden retener más humedad, así mismo el contenido de la materia orgánica y residuos vegetales juegan un papel importante en la economía hídrica, ya que cumplen con la función de servir como colchón o esponja absorbente. Esta actividad mejora también de manera ostensible la actividad microbiana y reduce la penetración facilitando el desarrollo radical. (Rodríguez, 2008).

### **2.3.3.4. Conductividad Hidráulica**

Se define como la velocidad de filtración de fluidos en medios saturados. Los guaduales con un promedio de 50,73cm/h se caracterizan por tener una conductividad que se clasifica como muy rápida; en estos suelos el agua se infiltra sin presentar problemas de encharcamiento, el paso de fluidos es más rápido en suelos no compactados y con mayores contenidos de materia orgánica, donde existe buena porosidad y el tamaño de los agregados es mayor.”<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> RODRIGUEZ ALONSO, Cesar A. MORALES DIAZ, Estefan. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural: Análisis de un caso práctico. 1 ed. Girona, España. 2008. Págs. 41.

## 2.4. Importancia de la Guadua

### 2.4.1. Importancia Ambiental



Fotografía No.2. Guadales Actualidad Y Futuro De La Arquitectura De Bambú En Colombia.  
Simón Vélez

La guadua es una planta que aporta múltiples beneficios para el medio ambiente y el hombre, sus productos cuando son empleados como elementos integrales de la construcción de viviendas funcionan como reguladores térmicos y de acústica, el rápido crecimiento de la guadua permite según el “estudio aportes de biomasa aérea realizado en el centro nacional para el estudio del Bambú-Guada, producir y aportar al suelo entre 2 y 4 ton/ha/año de biomasa, volumen que varía según el grado de intervención del guadual; esta biomasa constituye entre el 10 y el 14% de la totalidad de material vegetal que se genera en un guadual. La biomasa es importante, ya que contribuye a enriquecer y mejorar la textura y estructura del suelo. El aporte anual de biomasa general de un guadual en pleno desarrollo oscila entre 30 y 35 ton/ha/año.”<sup>9</sup>

Las hojas en descomposición conforman en los suelos similitud a las esponjas, evitando que el agua fluya de manera rápida continua degradando los suelos, sirviendo de manera eficiente y propicia la regulación de los caudales y la

---

<sup>9</sup>RODRIGUEZ ALONSO, Cesar A. MORALES DIAZ, Estefan. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural: Análisis de un caso práctico. 1 ed. Girona, España. 2008. Págs. 22.

protección del suelo a la erosión. El sistema entretelado de rizomas y raicillas origina una malla, que les permite comportarse como eficientes muros biológicos de contención que controlan la socavación lateral y amarran fuertemente el suelo, previniendo la erosión en los suelos y haciendo de la guadua una especie con función protectora, especial para ser usada en suelos de ladera de cuencas hidrográficas donde se siembre o esté de manera silvestre.

## 2.5. Variedades de Guadua



Fotografía No.3 Guaduas del Mundo.

[http://www.visiteelquindio.com/veq/galeria/imagenesq/centroguadua/pages/guadua%20rayada\\_jpg.htm](http://www.visiteelquindio.com/veq/galeria/imagenesq/centroguadua/pages/guadua%20rayada_jpg.htm)

### 2.5.1. Guadua Macana



Fotografía No.4 Guadua Macana. Universidad de Manizales.  
Ingeniería Estructural I.

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo%203/GUADUA.HTM>

La guadua Macana una de las especies pioneras en nuestro país constituye la base del proyecto constructivo por sus propiedades de resistencia.

“Se caracteriza por tallos de paredes gruesas constituidos por madera de alta resistencia, tiene casi siempre ramas abundantes, inferiores, espinosas, llamadas comúnmente “ganchos” que se cruzan en tal forma que hacen difícil la entrada a un guadual que no ha sido explotado. Esta variedad, por su resistencia es la empleada para construcciones y toda clase de usos; esta constituye casi toda la totalidad ya que las otras variedades se encuentran en relativos pequeños grupos dentro de los guaduales de macana.”<sup>10</sup>

#### Características

- ✓ Presenta coloración blanca debido al recubrimiento de un tejido blanquecino, reticulado y de tipo arenoso, esparcido a lo largo del entrenudo y más concentrado a nivel del nudo; los nudos son rectos.

---

<sup>10</sup>VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. pág. 59.

- ✓ Acanaladura visible y prolongada hasta más allá de la mitad del entrenudo.
- ✓ Se desarrolla en suelos con pocos nutrientes y humedad baja.<sup>11</sup>

### 2.5.2. Guadua Cebolla



Fotografía No. 5 Guadua Cebolla  
[http://huagra.blogspot.com/2009\\_12\\_01\\_archive.html](http://huagra.blogspot.com/2009_12_01_archive.html)

“Se diferencia de las otras variedades por tener los tallos de paredes más delgadas y alcanzan algunas veces mayor diámetro, así como carecer casi en su totalidad de las ramas bajas espinosas tan abundantes en las otras ya mencionadas. Es muy usada para la construcción de balsas, por lo grueso y liviano de sus tallos, se emplea para el transporte de productos agrícolas en los ríos. Esta variedad ha sido desechada por su poca resistencia y se le usa mucho para la fabricación de esterillas.”<sup>12</sup>

#### Características

- ✓ Menor cantidad de esclerénquima o tejido duro, menor cantidad de haces fibro-vasculares.

---

<sup>11</sup> GONZÁLEZ, Eugenia. DÍAZ, John. Propiedades físicas y mecánicas de la guadua. Universidad Nacional, Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1992. p.4

<sup>12</sup> VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. pág. 60.

- ✓ Diámetros en la parte media de la cepa mayores de 0.10 metros, espesores de 0.01 metros.
- ✓ En corte longitudinal de culmos en estado adulto, la coloración interna es amarillenta, no hay presencia de tejido blanquecino y los nudos son convexos en el sentido del crecimiento del tallo.<sup>13</sup>

### 2.5.3. Guadua Rayada



Fotografía No. 6 Guadua rayada.

[http://www.visiteelquindio.com/veq/galeria/imagenesq/centroguadua/pages/guadua%20rayada\\_jpg.htm](http://www.visiteelquindio.com/veq/galeria/imagenesq/centroguadua/pages/guadua%20rayada_jpg.htm)

Esta variedad de guadua es ampliamente empleada con fines armónicos y de visión respecto a sus hermanas por su distinguido color y fino trazo provisto por color verde rayado y de fácil siembra y propagación.

“Esta variedad difiere de la macana por su color, pues sus tallos presentan en sus entrenudos rayas amarillas a lo cual se debe el nombre. Esta guadua aunque de madera inferior a la de la macana, pero de mayor resistencia que la guadua

---

<sup>13</sup> GONZÁLEZ, Eugenia y DÍAZ, John. Propiedades físicas y mecánicas de la guadua. Universidad Nacional, Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1992. p.4

cebolla es tan empleada para construcción como la macana. Por su hermoso color variado de los tallos es de gran valor como planta ornamental.”<sup>14</sup>

## 2.6. Preservación e Inmunización de la Guadua.



Fotografía No. 7 Guadua Seca.  
Tomada de Wikipedia.

La guadua al igual que la madera también contiene humedad, la cual es indispensable extraer, para obtener su mayor resistencia y controlar hongos y agentes que la puedan atacar. El material después del proceso de corte debe ser sometida a un proceso de secado, *“en este proceso se contrae y obtiene su color amarillo, al estar seca pierde toda la savia y no es tan propensa al ataque de hongos, en este proceso se desecha un 20% de guadua por estar rajadas o torcidas.”* A continuación explicaremos los métodos utilizados más comúnmente para el secado del material: (Rodríguez, 2008)

---

<sup>14</sup>VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. pág. 60.

### 2.6.1. Secado al Aire

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

### 2.6.2. Secado en la Planta

Luego de cortada la guadua se deja con ramas y hojas recostada de forma vertical, sobre otras guaduas del cultivo, debe de estar aislado del suelo por medio de piedras u otro elemento, como se observa en el gráfico de esta página.

Después de ubicada en esta posición se deja por un periodo de 4 semanas, para lo cual se cortan sus ramas y hojas, y se deja secar dentro de un área cubierta bien ventilada. Este método es hasta ahora el que ofrece los mejores resultados, además los tallos no se manchan, conservan su color y es el método artesanal más común. (Rodríguez, 2008)

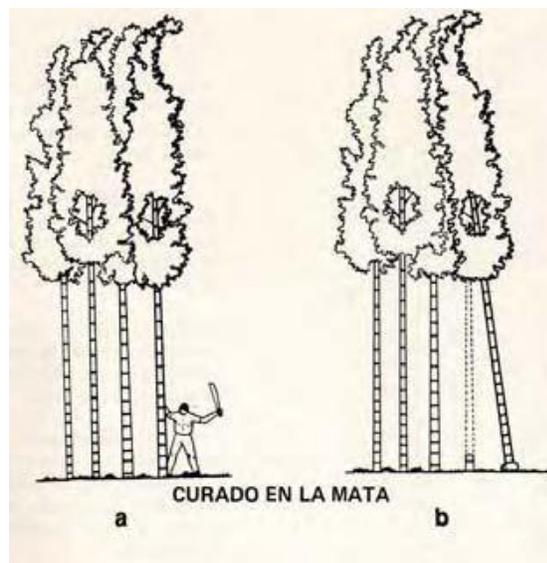


Figura 1. Curado de la mata.  
Escuela Politécnica Superior. El bambú como material estructural.  
Análisis de un caso práctico. Pdf.Pág. 45.

### 2.6.3. Secado al Calor

Este tipo de secado se realiza colocando las cañas de guadua de forma horizontal sobre bases encima de unas brasas, a una distancia apropiada, evitando que pueda ser quemada por las llamas y girándolas constantemente, con el fin de retirar la humedad provista por la guadua este proceso se debe hacer a campo abierto. Las brasas se deben colocar en una pequeña excavación de unos 30cm o 40cm de profundidad, tal como se observa en el gráfico siguiente:

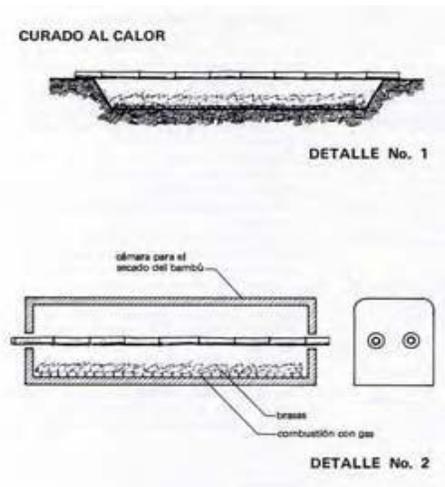


Figura 2. Secado al Calor.

Escuela Politécnica Superior. El bambú como material estructural.  
Análisis de un caso práctico. Pdf. Pág. 46.

Posteriormente después del proceso de secado, la guadua debe de someterse a un tratamiento preservativo, con la finalidad de prevenir el ataque de insectos y hongos, que son los principales agentes “enemigos”, este proceso debe de ser lo suficientemente eficiente para evitar problemas futuros en las construcciones. Su composición no debe de afectar sus propiedades físico-mecánicas, ni su color y preferiblemente debe de ser en estado líquido para que se pueda impregnar interiormente donde es más vulnerable, proceso que debe realizarse estando la guadua seca o curada, los diferentes tratamientos para su inmunización de la guadua son los siguientes:<sup>15</sup>

<sup>15</sup>RODRIGUEZ ALONSO, Cesar A. MORALES DIAZ, Estefan. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural: Análisis de un caso práctico. 1 ed. Girona, España. 2008. Págs. 46.

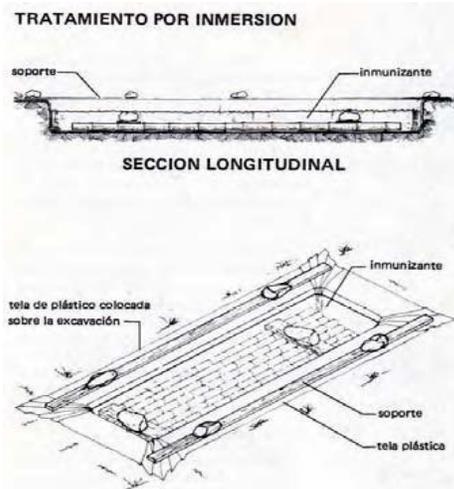


Figura 3. Tratamiento por inmersión  
 Escuela Politécnica Superior. El bambú como material estructural.  
 Análisis de un caso práctico. Pdf.Pág. 47.

Este proceso se realiza primero haciendo dos perforaciones en cada entrenudo de la guadua, para después sumergir la guadua mediante unas pesas en un tanque que contiene preservativos, por un periodo de cinco días, con el fin de que el líquido penetre de manera correcta en el interior de cada entrenudo, tal y como se puede observar en el gráfico y fotografía. (Rodríguez, 2008)

## 2.6.4. Método Boucherie



Fotografías 8. Método de Boucherie.

Preservación de madera

<http://web.catie.ac.cr/guadua/preservacion.htm>

Este método se realiza aprovechando la presión hidrostática, con bambúes recién cortados, en posición horizontal sobre el suelo. El recipiente del preservativo debe estar a una cierta altura y de este deben salir unas mangueras que se conectan a las guaduas por su extremo inferior. El preservativo a aplicar reemplazara a la savia, saliendo por un extremo opuesto, este método se puede observar en el gráfico siguiente: (Rodríguez, 2008)

### METODO BOUCHERIE (Por gravedad)



Para tratar el bambú por colocan horizontal o verticalm con preservativo por un tiempo. Si en lugar de tallos se trató estos deben permanecer horizontal por lo menos 2 horas tanques, en su lugar puede ser recubrirse con un plástico grueso dibujo.

El método Boucherie simc

Figura 4. Método Boucherie.

Escuela Politécnica Superior. El bambú como material estructural.

Análisis de un caso práctico. Pdf. pág. 48.

También existe otro método muy similar al anterior, con la diferencia que para la aplicación del preservativo se emplea presión, por medio de un medidor, en lugar de que este fluya por gravedad como el anterior, se necesitan de 10 a 15 libras de presión, en este caso el tiempo de inmunización se reduce de varios días a unas 6 o 7 horas, por obvias razones éste resulta más costoso. Este método se puede observar en el gráfico siguiente.<sup>16</sup>

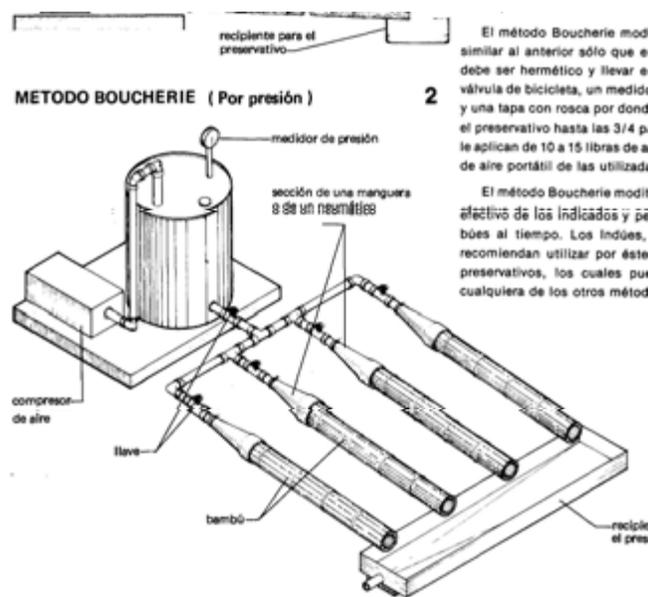


Figura 5. Método Boucherie.  
Escuela Politécnica Superior. El bambú como material estructural.  
Análisis de un caso práctico. Pdf.Pág. 48.

## 2.7. Formación de la Guadua.

### 2.7.1. Corte de La Guadua

Recomendaciones para el corte:

- ✓ El corte debe ser entre 30 y 40 cm por encima del suelo y después de un nudo.
- ✓ Si va a ser utilizado como elemento estructural debe ser cortado en la edad adulta.

<sup>16</sup>RODRIGUEZ ALONSO, Cesar A. MORALES DIAZ, Estefan. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural: Análisis de un caso práctico. 1 ed. Girona, España. 2008. Págs. 48.

- ✓ El corte se hará de manera “limpia” para no lastimar el tallo, el instrumento utilizado debe estar bien afilado.
- ✓ Después del corte se necesita un período de curado donde el objetivo será de expulsar la sabia que se encuentra al interior del tallo y para ello es necesario dejar las varas en el campo de corte de forma vertical, sin quitar sus ramas y evitando el contacto con el suelo, aquí se dejarán unos 4 a 8 días.<sup>17</sup>

## 2.8. Características de los Componentes del Guadual

Un guadual ideal es aquel que se regenera o multiplica bajo los criterios de la sostenibilidad, máxima productividad y la rentabilidad equilibrada, debe contener en su estructura horizontal como mínimo entre el 65 y 70% de guaduas maduras, 20-25 de guaduas viches, del 5 al 10% de renuevos y entre el 2 y el 5% de guadua secas.

### 2.8.1. Guadua Joven “Viche”



Fotografía No. 9 Guadua joven.  
Escuela politécnica superior.

El Bambú Como Material Estructural Análisis de un caso práctico. Pdf. pág. 36.

---

<sup>17</sup> CARAZAS AEDO, Wilfredo. RIVERO OLMOS, Alba. Bahareque, Guía de construcción para sísmica. 1 ed. España: 2002. Págs. 11

Caracterizada por tener entrenudos de coloración verde intenso y lustroso, nudos con bandas nodales de color blanquecino, anchos de 2 a 3cm pubescencia de color café claro visibles en la parte superior del nudo o banda nodal, donde se encuentran además las yemas nodales sobresalientes que pueden o no activarse y dar origen a ramas inferiores o superiores. Los entrenudos son limpios e inicialmente blandos por carecer de lignificación completa, las paredes presentan grosor que varía de acuerdo a biotipo entre 1 y 2.5cm, en este estado la guadua está cargada de humedad, siendo visible su conformación fibrosa.<sup>18</sup>

Este tipo de guadua natural en estado joven o viche tiene una edad de 6 a 24 meses y no ha logrado el grado de resistencia ideal para ser utilizado debido al alto contenido de humedad. Su cubierta externa o cutícula no se ha lignificado completamente; la parte inferior del tallo generalmente presenta coloración amarillezca.

### 2.8.2. Guadua Madura “Hecha”



Fotografía No. 10. Guadua Madura. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural Análisis de un caso práctico. Pdf. Pág. 37.

<sup>18</sup>RODRIGUEZ ALONSO, Cesar A. MORALES DIAZ, Estefan. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural: Análisis de un caso práctico. 1 ed. Girona, España. 2008. Págs. 36.

Caracterizada por la desaparición en el tallo, del lustre del entrenudo, coloración más clara y se hace evidente la aparición de manchas de hongos color gris-claro, de forma redondeada a oblonga, con diámetros de hasta 3 cm.; cuando ha adquirido la configuración enunciada se puede decir que es apta para ser aprovechada ya que el tallo está en el óptimo grado de resistencia y normalmente tiene edad superior a los dos y medio años.

Es la única fase apta para el aprovechamiento de los tallos; comúnmente se les llama “*Hecha o gecha.*” Por la evolución intrínseca del guadual, este tipo de tallo se encuentra en mayor proporción en el interior y menor en su periferia.

### 2.8.3. Guadua Sobre-madura



Fotografía No. 11. Guadua sobre-madura. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural Análisis de un caso práctico. Pdf. Pág. 37

Los hongos y líquenes comienzan a desaparecer del tallo, hasta cuando empieza a observarse hongos en forma de plaquetas alargadas y de color rojizo. En este momento se inicia la decoloración y el tallo se va tornando amarillento, indicativo del inicio de la finalización del ciclo vegetativo.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup>RODRIGUEZ ALONSO, Cesar A. MORALES DIAZ, Estefan. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural: Análisis de un caso práctico. 1 ed. Girona, España. 2008. Págs. 37

#### **2.8.4. Guadua Seca**

Las guaduas adultas no aprovechadas están completamente degradadas, debido a la pérdida de humedad y por consiguiente escasa o nula actividad fisiológica, el tallo se torna amarillento, presenta manchas rojizas en toda su longitud y disminuye hasta el 80% de la resistencia. En esta fase los tallos se hacen propicios para ser refugio o lugar de animación de aves como los carpinteros (*Melanerpesp*), que construyen orificios circulares en los entrenudos de la parte superior y emplea dicha para ovopositar.

El follaje se torna amarillento y hay defoliación de las ramas, es la fase final de los tallos y sus posibilidades de sostenibilidad o perpetuidad se acaban; termina el ciclo de vida y es conveniente retirarlas del gradual; su único uso es como leña o carbón.<sup>20</sup>

---

<sup>20</sup>RODRIGUEZ ALONSO, Cesar A. MORALES DIAZ, Estefan. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural: Análisis de un caso práctico. 1 ed. Girona, España. 2008. Págs. 38.

Tabla 1 Cifras suministradas por la Cars “Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca” (La Guadua una Alternativa Sostenible, Edgar Giraldo Herrera, Aureliano Sabogal, pág. 35 CRQ)

| Áreas con guadua en Colombia por departamento. |            |
|--|------------|
| Departamento                                   | Área (Has) |
| Antioquia                                      | 1000       |
| Bolívar  | *          |
| Boyacá   | 500        |
| Caldas   | 2500       |
| Caquetá  | 1000       |
| Cauca  | 1000       |
| Cesar  | *          |
| Córdoba  | *          |
| Cundinamarca                                   | 2400       |
| Huila  | 600        |
| Magdalena                                      | *          |
| Meta   | 500        |
| Norte de Santander                             | 200        |
| Putumayo                                       | 1000       |
| Quindío  | 5840       |
| Risaralda                                      | 2600       |
| Santander                                      | 1200       |
| Sucre  | *          |
| Tolima   | 2000       |
| Valle  | 7500       |

(Fuente CRQ, 1999)

## 2.9. BAHAREQUE

La técnica del bahareque, que en algunos países de Latinoamérica se denomina quincha (en inglés wattle and daub) consiste en elementos verticales y horizontales formando una malla doble que crea un espacio interior, posteriormente relleno con barro.<sup>21</sup>

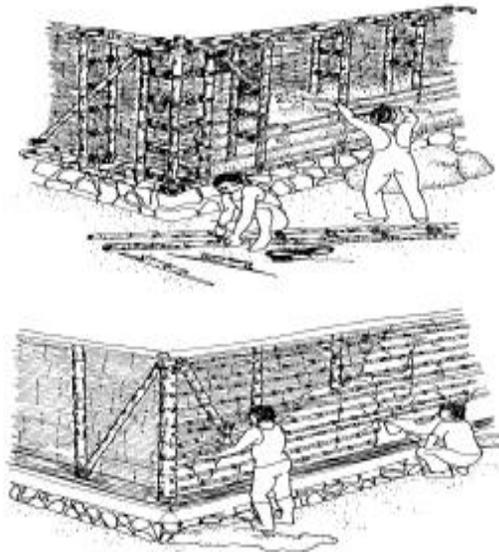


Figura No 5. Técnica del Bahareque.

<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc14388/doc14388-c.pdf>

Existen también sistemas con una sola malla. Los elementos verticales usualmente están compuestos por troncos de árboles, los horizontales de caña de bambú, caña brava, carrizo o ramas. (MINKE, 2001)

Este tipo de construcción tiene la ventaja de ser flexible lo que lo hace resistente a los impactos de los sismos. La desventaja de este sistema es que en la práctica frecuentemente aparecen grietas y fisuras pero con la adición de cemento en la mezcla se busca evitar este tipo de inconveniente, debido a que el espesor de la capa de revoque sobre los elementos de madera no tiene un espesor suficiente para lo que usaremos el cemento como material sellante ante el impase.

Por las grietas y fisuras penetra el agua de la lluvia provocando expansión y desprendimiento del revoque de barro. Asimismo, existe el riesgo que las vinchucas puedan vivir en estos huecos, contagiando el mal de Chagas. Por ello,

---

<sup>21</sup> MINKE, Gernot. Manual Para Construcción De Viviendas Antisísmicas En Tierra. 1 ed. Kasse, Alemania: 2001. Págs. 28

esta técnica se recomienda solo si la ejecución es perfecta sin fisuras, ni grietas. El sistema requiere control y mantenimiento, si aparecen grietas en la superficie deben ser selladas inmediatamente. (MINKE, 2001)

La figura muestra una vivienda construida con elementos prefabricados que después del ensamblaje fueron rellenados con bolas de barro. Este sistema fue desarrollado por el centro de Pesquisas y Desenvolvimento (CEPED), Camari, Brasil.<sup>22</sup>



Fotografía No. 12. Vivienda construida con elementos prefabricados por el centro de Pesquisas y Desenvolvimento (CEPED), Camari, Brasil.

### **2.9.1. Generalidades**

Material de construcción de origen precolombino, con el cual se elaboraban viviendas, mezclando elementos propios de la región (Barro, paja, bejucos, pigmentos vegetales), de una forma artesanal, dándole a la construcción un toque artístico y muy natural; En la actualidad esta técnica ha sufrido una serie de modificaciones, con la inclusión de nuevos elementos convencionales (puntillas, alambre, cemento, maderas, pintura); permitiendo que esta técnica se convierta en una buena alternativa de construcción.<sup>23</sup>

---

<sup>22</sup> MINKE, Gernot. Manual Para Construcción De Viviendas Antisísmicas En Tierra. 1 ed. Kasse, Alemania: 2001. Págs. 28

<sup>23</sup> VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. pág. 77.

## **2.9.2. Tipos de construcción en bahareque**

### **2.9.2.1. Bahareque Tradicional**

Técnica en la cual se arma toda una estructura de guadua o madera y se levanta sobre el lugar definitivo de construcción. (Valencia, 1993).

### **2.9.2.2. Bahareque prefabricado**

Técnica en la cual la estructura en módulos o paneles, pueden ser armados o contruidos en un lugar diferente de la obra, para luego ser ensamblados en su lugar definitivo de construcción. (Valencia, 1993).

## **2.9.3. Características Bahareque Tradicional**

**2.9.3.1. Estructura:** Formada por columnas de guadua o madera amarradas con tiras de guadua de 4 – 8 cm., de ancho.

**2.9.3.2. Material de relleno:** al humedecer la tierra con el agua y revolverlo con el material vegetal se obtiene una mezcla de barro maleable con el cual se rellena y se revise la estructura previamente elaborada, a ésta le agregaremos una dosificación de cemento para preparar bahareque encementado. (Valencia, 1993).

## **2.9.4. Selección y descripción de los materiales.**

**2.9.4.1. Tierra:** El tipo de tierra depende del uso que se le vaya a dar en la construcción del muro.

**2.9.4.2. Tierra de embutidos:** Se recomienda que tenga una textura franco – arcillosa o arcillosa, la arcilla que conforma no debe ser expansiva y el contenido de materia orgánica debe ser bajo o en lo posible no contener.

**2.9.4.3. Tierra para pañete y sobrepañete:** Se recomienda que tenga textura franco limosa o limo-arcillosa que no posea piedras no terrones ni material vegetal por lo cual se recomienda cernirla.

**2.9.4.4. Agua:** Todo tipo de agua sirve, excepto las que estén contaminadas con sales o sustancias acidas.

**2.9.4.5. Material vegetal:** Las más utilizadas son la paja y el pasto, paja amarga (pero sin guache), hojas pino o fique; las cuales se cortan en fibras de 10 cm. de longitud y tienen como fin servir de amarre a la mezcla de tierra, dándole mayor resistencia y estructura.

**2.9.4.6. Guadua:** Se utilizan guaduas que hayan alcanzado su madurez fisiológica (Hechas) con edades entre 4 – 5 años, dentro de la construcción se usan como columnas, tiras de amarre de 4 – 8 cm. de ancho y en el techo formando la cubierta. (Valencia, 1993).

**2.9.4.7. Madera:** Se puede utilizar toda madera que presente buenas características físicas y buena resistencia a la compresión, ya que se utilizan como columnas.

**2.9.4.8. Puntillas:** De acero, de 3- 5 pulgadas.

**2.9.4.9. Alambre:** Liso # 18. (Valencia, 1993).

## **2.10. Preparación del material**

**2.10.1. Embutido:** Seleccionada la tierra, esta se acerca a la obra y allí se humedece hasta que haga bola sin resquebrajarse o escurrirse.

**2.10.2. Pañete:** Seleccionada la tierra, esta se humedece hasta que esté maleable, luego se agrega el material vegetal (a 10 carretilladas de tierra un bulto de 25 kg) y se sigue revolviendo, pero con una herramienta que no tenga filo para no cortar demasiado las fibras: para darle mayor consistencia al material de se acostumbra revolverlo con los pies. (Valencia, 1993).

**2.10.3. Sobrepañete:** La misma clase de tierra utilizada para el pañete sirva para el sobrepañete, se colocan sobre una superficie sólida (suelo-cemento) se humedece y luego se le agrega estiércol bovino o equino (aun valdado de tierra una manotada de boñiga), se mezcla bien y se le agrega más agua hasta que tenga una consistencia pastosa.

**2.10.4. Guadua:** Las variedades más utilizadas son la balsa, real y macana. Si utiliza para columnas se debe seleccionar la parte basal del tallo, donde los entrenudos son más cortos dando mayor resistencia y un grosor uniforme. En las puntas se debe hacer un corte sobre el nudo para evitar aplastamiento y la base colocarla sobre una piedra plana o cimientos, para evitar que la ataquen las plagas. Si por el contrario se destina como amarre y sostén, se deben sacar las

tiras o latas, para esto se toma la guadua y se raja en 4 o 6 tiras dependiendo de su diámetro. (Valencia, 1993).

### **2.11. Forma de construcción de Bahareque tradicional**

Es el más común y de mayor uso. No son muy importantes las bases por el poco peso del material, en terrenos poco estables se recomienda no hacer bases. Las columnas de guadua o madera se colocan cada 1 a 1.5 m. y colocando diagonales también intercalados con refuerzos, teniendo en cuenta dejar los espacios de las puertas y ventanas, colocando los dinteles de las mismas, luego a lado y lado de la estructura se pegan las latas o tiras de guadua con puntillas y se amarra con alambres, se debe dejar entre lata y lata de 5 a 7 cm. para poder introducir el embutido, los primeros 20 a 30 cm. de embutido (zócalo) se hacen en piedra, se deja secar de 6 a 12 días dependiendo del clima, luego se echa el pañete, el cual se deja secar para echar el sobrepañete y posteriormente pintar con cal.<sup>24</sup>

### **2.12. Ventajas**

- ✓ Bajo costo.
- ✓ Facilidad de consecución de materiales.
- ✓ No requiere de mano de obra especializada.
- ✓ Buen aislante térmico y acústico.
- ✓ Permite dar diferentes formas haciéndolo agradable a la vista, embelleciendo el entorno.
- ✓ Por su bajo peso y flexibilidad, es sismorresistente.
- ✓ Permite que parte o la totalidad de su estructura sea modificada y construida con otros materiales (convencionales o no convencionales). (Valencia, 1993).

### **2.13. Desventajas**

- ✓ Es susceptible a la humedad.
- ✓ Se deteriora con facilidad cuando no se maneja bien la técnica constructiva.
- ✓ Se quema con facilidad.
- ✓ Susceptible a ácidos y sales. (Valencia, 1993)

---

<sup>24</sup>VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. pág. 80.

## **2.14. Propiedades**

### **2.14.1. Propiedades Físicas**

**2.14.1.1. Peso específico:** Se encuentra en el rango de 1300 a 1400 kg/m<sup>3</sup>. Presenta gran variación, dependiendo de los materiales que lo conforman. El dato está referido a un muro para el cual se utilizó arcilla con partículas de 0.002 a 0.0002 mm. (Valencia, 1993).

**2.14.1.2. Susceptibilidad a la humedad:** Cuando es excesiva, se deteriora fácilmente o pierde consistencia. (Valencia, 1993)

**2.14.1.3. Susceptibilidad a sales y ácidos:** En presencia de estas sustancias, la tierra que conforma la construcción, se dispersa perdiendo estructura y consistencia.<sup>25</sup>

### **2.15. Propiedades Mecánicas**

**2.15.1. Resistencia a la compresión:** Está en un rango de 35 a 75 kg/cm<sup>2</sup>.

**2.15.2. Plasticidad:** Tolera las deformaciones, lo cual lo hace sismo resistente.

**2.15.3. Resistencia a la tensión:** Es muy baja, por lo cual, no se recomienda trabajarlo en esta condición. (Valencia, 1993)

### **2.16. Propiedades térmicas**

**2.16.1. Aislante térmico:** Como su mayor componente es suelo arcilloso, el cual presenta una conductividad térmica baja, funciona bien como aislante y regulador de temperatura.

**2.16.2. Resistencia al fuego:** Es muy baja, las llamas pueden destruir completamente una construcción en bahareque. (Valencia, 1993).

---

<sup>25</sup> Ibíd. Págs. 81.

## 2.17. Usos

El uso del bahareque es muy variado por su bajo costo, fácil construcción y las propiedades que presenta.

**2.17.1. Vivienda:** Es el uso más común que se le ha dado. En la construcción, conforma las paredes y muros.

**2.17.2. Construcciones agrícolas:** Actualmente se utiliza en diversas construcciones, silos herméticos para almacenar granos, bodegas rurales, gallineros, etc.

**2.17.3. Posibles usos adicionales:** Sus usos pueden ser múltiples; lo más importante es aprovechar las bondades del material. Pudiéndose utilizar en diferentes instalaciones agrícolas: cuartos para herramientas, beneficiadoras agrícolas, centros de acopio, escuelas rurales etc.<sup>26</sup>

## 2.18. Bahareque Prefabricado

Técnica, en la cual la estructura en módulos o paneles pueden ser armados o construidos en lugar diferente al de la obra para luego ser ensamblado allí.<sup>27</sup>

### 2.18.1. Características del bahareque prefabricado

**2.18.2. Estructura:** Constituida por una serie de módulos donde la guadua es el elemento fundamental de la edificación, sirviendo como soporte, dado el caso de las columnas y de elemento rigidizador como es la función desempeñada por la esterilla.

**2.18.3. Pañete:** Utilizando para mejorar el aspecto de la estructura, aparte de brindarle protección al recubrir las caras externas e internas del prefabricado así disminuyendo en un alto porcentaje las posibilidades de deterioro. (Valencia, 1993).

---

<sup>26</sup>VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. pág. 82.

<sup>27</sup> Ibíd. 86.

## **2.19. Selección y descripción de los materiales.**

**2.19.1. Guadua:** Se recomiendan guaduas con un diámetro no mayor a 12 cm. que haya sido cortadas a una edad superior a los 3 años, donde la planta ha desarrollado en un alto grado sus propiedades como la resistencia a la comprensión y no es tan susceptible al ataque de insectos. (Valencia, 1993).

**2.19.2. Arena:** Por lo general el agua, que sirva para el consumo humano se recomienda para este tipo de construcción. (Valencia, 1993).

**2.19.3. Cemento:** Gris (Portland).

**2.19.4. Madera:** Debe presentar buenas condiciones físicas siendo utilizadas en la solera inferior donde descansan las columnas, cuyo diámetro es igual al ancho de la solera. (Valencia, 1993).

**2.19.5. Puntillas:** 0.5 pulgadas si es para fijar la esterilla y 2.5 pulgadas para fijar las columnas a las soleras superiores e inferiores.

**2.19.6. Alambre:** Liso, el cual sirve para dar mejor rigidez a la construcción.

También se puede recurrir a la utilización de otros elementos como tapas de gaseosas o mallas de alambre que ayudan a fijar el pañete en los espacios intermedios dejadas por las caras del plantel, para evitar que se vean las columnas.<sup>28</sup>

## **2.20. Preparación del Material.**

**2.20.1. Pañete:** Debe realizarse en dos etapas; primero rustico y el segundo liso. La arena es seleccionada previamente revolviéndola con el cemento en la proporción requerida, luego se humedece esta mezcla hasta lograr un estado pastoso para que más tarde sea aplicada a la estructura.<sup>29</sup>

**2.20.2. Pañete Rústico:** Se realiza con un mortero de 1:3 (cemento, arena) y debe ser untado sobre el esterillado con la mano para lograr una mayor fijación, dejarlo secar totalmente para permitir la formación de grietas al contraerse la mezcla. (Valencia, 1993).

---

<sup>28</sup>VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. pág. 88.

<sup>29</sup>VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. pág. 88.

**2.20.3. Pañete liso:** Su proporción de arena es mayor siendo de 1:5, que sirve para las grietas dejadas con el primer pañete, mejorando ostensiblemente el acabado de la vivienda, realizándose esta fase cuando el primero ha secado totalmente. (Valencia, 1993).

**2.20.4 Guadua:** “La más utilizada es la macana encontrándose este elemento en las columnas y en el recubrimiento del panel (esterilla). Para las columnas se selecciona la parte basal del tallo donde las características físicas de la guadua son las óptimas para la construcción donde no se presenten más formaciones en las paredes de los módulos.

Al utilizarse como material rigidizado se toma la guadua y se raja abriéndola e ir formando esterilla, en este proceso se remueve la parte interior de la guadua para evitar el ataque de insectos.

Cuando se elaboran construcciones en guadua esta debe alcanzar su madurez fisiológica para que adquiera mayor resistencia tanto mecánica como a las plagas recomendándose una previa inmunización del material para acentuar estas propiedades.”<sup>30</sup>

## **2.21. Elaboración de los módulos.**

Se arman la formaletas ya sean trapezoidales (paneles medianeros) y rectangulares (paneles frontales) procediéndose a la colocación correcta de las columnas con una separación entre sí de 50 cm. dejándolas fija a la solera superior e inferior sin olvidar los espacios destinados para las puertas y ventanas, cuando la estructura esta lista se procede al recubrimiento de sus caras exterior e inferior con un esterillado elaborado en guadua (entre las caras de la construcción de bahareque prefabricado no lleva embutido, siendo una de las diferencias con el bahareque tradicional), la cual se sujeta con clavos sin enterrarlos totalmente para que el alambre pueda ser tejido y se aumente la rigidez de la estructura.

“Cuando cada uno de los paneles está constituido se sacan de la formaleta, procediéndose al ensamble de la vivienda, colocando los dos primeros módulos de tal manera que forme un ángulo recto para que se sostenga entre sí.

Cuando se elabora este tipo de estructura de debe dejar la parte inferior sin esterillado para que la construcción pueda ser fijada a una cimentación dándole mayor solidez contra vientos fuertes u otros imprevistos.” (Valencia, 1993).

---

<sup>30</sup>Ibíd. Págs. 89.

## 2.22. Propiedades

Para el desarrollo de éste se toman las propiedades de la guadua por ser el mayor y principal componente en este tipo de edificaciones, para poder inferir las propiedades de este material de construcción dado que el bahareque prefabricado como un solo conjunto no ha sido motivo de estudio para determinar sus propiedades.

- ✓ Bajo peso específico.
- ✓ Susceptible a la humedad.
- ✓ Buena resistencia a la compresión.
- ✓ Baja resistencia a la tensión.
- ✓ Buena plasticidad: lo hace sismo resistente.
- ✓ Buen aislante térmico.
- ✓ Buen aislante acústico.
- ✓ Baja resistencia al fuego.

## 2.23. Usos

**2.23.1. Vivienda:** Por ser un material relativamente nuevo se ha destinado a la solución de planes de vivienda tanto a nivel urbano como rural, conformando las paredes y muros de la vivienda. (Valencia, 1993).

**2.23.2. Posibles usos:** Construcción de Bodegas rurales, hangares para maquinarias y en bodegas para almacenar herramientas.<sup>31</sup>

## 2.24. Bahareque Encementado

Es un sistema estructural de muros que se basa en la fabricación de paredes construidas con un esqueleto de guadua o madera, cubierto con un revoque de mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre, clavada en esterilla de guadua que, a su vez, se clava sobre el esqueleto del muro.<sup>32</sup>

### 2.24.1. Constitución

---

<sup>31</sup>VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993. pág. 91.

<sup>32</sup>NSR- 10. Título E. Casas de uno y dos pisos. Capítulo E-7. Bahareque Encementado. Pág. 23.

El bahareque encementado es un sistema constituido por dos partes principales: el entramado y el recubrimiento. Ambas partes se combinan para conformar un material compuesto.

### **2.24.2. Entramado**

El entramado está constituido por dos soleras o elementos horizontales, inferiores y superiores, y pie-derechos o elementos verticales, conectados entre sí con clavos o tornillos. El marco del entramado, es decir las soleras y el pie-derechos exteriores, pueden construirse con guadua o con madera aserrada. El resto del entramado se construye con guadua. Puede contener diagonales. (NSR- 10. Título E, 2010).

### **2.24.3. Recubrimiento**

El recubrimiento se fabrica con mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre, tal como se especifica en E.7.4.5. La malla debe estar clavada sobre esterilla de guadua, o sobre un entablado. La esterilla debe ir anclada a los pié-derechos mediante clavos y alambre dulce trenzado entre los clavos. (NSR- 10. Título E, 2010).

### **2.24.4. Materiales**

#### **2.24.4.1. Guadua**

La guadua es predominante en este sistema constructivo, su más alto estándar de calidad se consigue en plantas en estado maduro, es decir, mayores de 4 años. Debe tener un contenido de humedad (CH%), lo más cercano al contenido de humedad de equilibrio (CHE) de la zona donde va ser instalada.

La guadua debe inmunizarse para evitar el ataque de insectos xilófagos. El inmunizado no constituye protección contra otros efectos ambientales, de manera que la guadua no puede exponerse al sol ni al agua, en ninguna parte de la edificación, pues la acción de los rayos ultravioletas produce resecamiento, fisuración, decoloración y pérdida de brillo, y los cambios de humedad pueden causar pudrición. (NSR- 10. Título E, 2010)

#### **2.24.4.2. Madera Y Complementarios**

La calidad de la madera aserrada y de los elementos metálicos de unión deberá regirse por G.1.3 de este Reglamento. La clasificación mecánica de las maderas

usadas en muros, entrepisos y cubiertas deberá corresponder, como mínimo, al grupo ES6, según G.1.3.5 del presente Reglamento.

#### **2.24.4.3. Mortero**

La calidad del mortero de cemento para el revoque de muros y para el relleno de cañutos se regirá por D.3.4. (NSR-10) La clasificación mínima requerida será la correspondiente al mortero tipo N, con una proporción en volumen de máximo 4 partes de arena por una parte de cemento. (NSR- 10. Título E, 2010)

Las calidades del cemento y de la cal, en caso de agregarse ésta, son las indicadas en el aparte D.3.2 (NSR-10) del Reglamento.

#### **2.24.4.4. Concreto Y Acero De Refuerzo**

Las calidades del concreto y de las armaduras para cimentaciones, de las vigas de amarre y de los elementos de confinamiento de mampostería, donde sean aplicables, se regirán por lo establecido en el capítulo C.3.

#### **2.24.4.5. Mallas De Refuerzo Del Revoque**

Podrán usarse los siguientes tipos:

- (a)** Malla de alambre trenzado con diámetro máximo de 1,25 mm (BWG calibre 18), de abertura hexagonal no mayor a 25,4 mm.
- (b)** Malla de alambre electrosoldado con diámetro máximo de 1,25 mm (BWG calibre 18), de abertura cuadrada no mayor a 25,4 mm.
- (c)** Malla de revoque de lámina metálica expandida, sin vena estructural.
- (d)** Malla de revoque de lámina metálica expandida, con vena estructural.

El uso de las mallas listadas en el numeral anterior no exime del uso de esterilla de guadua o entablado de madera, a menos que se demuestre, por medio de pruebas experimentales, que el comportamiento del material resultante es, cuando menos, equivalente al material con la esterilla o el entablado, al tenor de lo dispuesto en los artículos 13<sup>o</sup> y 14<sup>o</sup> de la Ley 400 de 1997.<sup>33</sup>

#### **2.24.5. Clasificación De Muros**

Los muros de una casa de uno o dos pisos de bahareque encementado, dentro del alcance del presente Capítulo, se clasifican en tres tipos.

---

<sup>33</sup>NSR- 10. Título E. Casas de uno y dos pisos. Capítulo E-7. Bahareque Encementado. Pág. 24.

### **2.24.5.1. Muros Estructurales Con Diagonales**

Son muros, o segmentos de muros, estructurales, compuestos por solera inferior, solera superior (o carrera), pie-derechos, elementos inclinados y recubrimiento con base en mortero de cemento, colocado sobre malla de alambre, clavada sobre esterilla de guadua o entablado de madera. Estos muros reciben cargas verticales y resisten fuerzas horizontales de sismo o viento. Los muros estructurales con diagonales deben colocarse en las esquinas de la construcción y en los extremos de cada conjunto de muros estructurales.

### **2.24.5.2. Muros Estructurales Sin Diagonales**

Son muros, o segmentos de muros, estructurales, compuestos por solera inferior, solera superior (o carrera), pie-derechos y recubrimiento con mortero de cemento, colocado sobre malla de alambre, clavada sobre esterilla de guadua y que carecen de elementos inclinados. Deben utilizarse únicamente para resistir cargas verticales. No deben constituirse en segmentos de los extremos de muros.

Tanto los muros estructurales con diagonales como los que no tienen diagonales deben construirse apoyados sobre vigas de cimentación o en sobrecimientos, a su vez apoyados sobre vigas de cimentación. Los muros estructurales deben tener continuidad desde la cimentación hasta el diafragma superior con el cual están conectados. (NSR- 10. Título E, 2010)

### **2.24.5.3. Muros No Estructurales**

Los muros que no soportan cargas diferentes a las de su propio peso se conocen con el nombre de muros no estructurales. Estos muros no tienen otra función que la de separar espacios dentro de la vivienda. Los muros no estructurales interiores deben conectarse con el diafragma superior por medio de una conexión que restrinja su volcamiento, pero que impida la transmisión de cortante o carga vertical entre la cubierta o el entrepiso y el muro no estructural. Los muros no estructurales no necesitan ser continuos y no requieren estar anclados al sistema de cimentación. (NSR- 10. Título E, 2010).

### **2.24.6. Composición De Muros**

- ✓ Los muros de bahareque encementado deben componerse de un entramado de guaduas o de guaduas y madera, constituido por elementos horizontales llamados soleras (la solera superior también se llama carrera), elementos verticales llamados pie-derechos y recubrimiento de mortero de cemento. Las guaduas no deben tener un diámetro inferior a 80 mm. El

espaciamiento horizontal entre pié-derechos no debe ser inferior a 300 mm ni superior a 600 mm, entre ejes.

- ✓ El recubrimiento de mortero debe aplicarse sobre una malla de alambre delgado (diámetro no superior a 1,25 mm), que a su vez se clava sobre esterilla de guadua, de acuerdo con lo especificado en E.7.4.5. (NSR-10)
- ✓ La sección de las soleras tendrá un ancho mínimo igual al diámetro de las guaduas usadas como pie-derechos y una altura no menor de 100 mm. Es preferible construir las soleras, inferior y superior de cada muro en madera aserrada, ya que sus uniones permiten mayor rigidez y son menos susceptibles al aplastamiento que los elementos de guadua.
- ✓ Los muros de bahareque encementado 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.<sup>34</sup>

---

<sup>34</sup> NSR- 10. Título E. Casas de uno y dos pisos. Capítulo E-7. Bahareque Encementado. Pág. 25.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Ubicación General y Características del Área de Estudio**

Por solicitud de la Universidad Surcolombiana al Instituto Colombiano de la Reforma Agraria (INCORA), en el año de 1979, se concedió a la Universidad un lote de aproximadamente 30 hectáreas, ubicado en el Distrito de Riego el Juncal municipio de Palermo en el departamento del Huila, aproximadamente a 9 kilómetros de la cabecera municipal de Neiva. Lo anterior obedeció a la necesidad del programa de Ingeniería Agrícola de la Universidad, de contar con un área para el desarrollo de sus actividades académico – prácticas y de experimentación. (Guerrero, 1988).

La granja experimental de la Universidad Surcolombiana, se encuentra localizada en el rural del Juncal jurisdicción del municipio de Palermo en el departamento del Huila. Su situación geográfica corresponde a los 2°5' latitud norte y los 75°20' latitud oeste. Con las siguientes características:

- Clima: Bosque seco Tropical según los parámetros de L.R. Holdridge.
- Altitud: 450 m.s.n.m.
- Temperatura media: 25,4°C
- Precipitación: 1328,4 mm anuales.
- Brillo solar: 7 Hr/día. (Olaya, 2007)

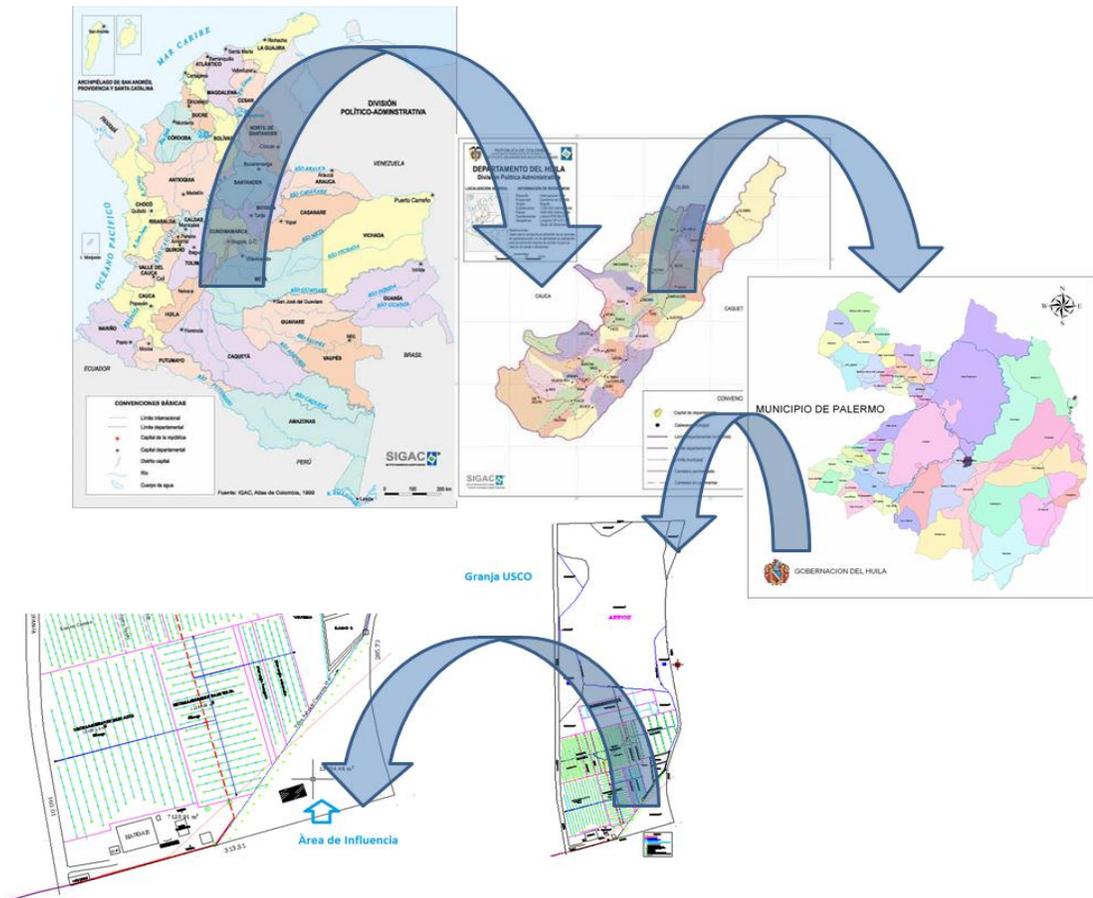


Figura 1. Localización General de la Granja de la Universidad Surcolombiana.

### 3.2. Descripción de los suelos.

Por la gran importancia que reviste la evaluación y clasificación agrológica de los suelos de la Granja de la Universidad, (Jaramillo, 1983), y utilizada en la tesis (Olaya, 2007), se cita a continuación en la Tabla 1, con las propiedades físicas, hidrodinámicas de los suelos de la granja y el Balance Hídrico para el arroz en la zona del Juncal.

Los suelos se caracterizan por topografía plana a ligeramente inclinada, profundidad efectiva superficial, escasa presencia de materia orgánica, con sectores de pedregosidad ligera a abundante, de texturas medias a livianas afectados por erosión laminar con alguna acumulación de sodio y poca cobertura

vegetal, característico de la condición de clima cálido - seco dominante del norte del departamento del Huila.

### 3.3. Propiedades Físicas

La textura predominante en los suelos de la granja son los Franco arenoso "FA" a Arenoso franco "AF", la retención de humedad es baja (CC = 20.5%, PMP = 14.2%), la densidad aparente es alta ( $Da = 1.71 \text{ gr/cm}^3$ ) asociada a procesos de compactación, disminución del espacio poroso por sobremecanización y monocultivo (Olaya, 2007).

Tabla 2. Clasificación agrológica de los suelos de la Granja La Universidad.

| SIGLA | SERIE         | CLASIFICACIÓN AGROLÓGICA | CARACTERÍSTICAS  |
|-------|---------------|--------------------------|--|
| AG    | AGUAS         | III                      | Permanece inundado parte del año, el relieve es plano cóncavo, está formado por suelos superficiales con móteos de ligera a moderadamente sódicos.   |
| CÑ    | CAÑO          | VII                      | Ocupa las partes más bajas del lote hay evidencia de que son drenaje natural del mismo es obvia la presencia de cauces, presenta pequeños taludes poco inclinados pero con severa erosión laminar y considerable predegosidad superficial. |
| PDa   | PIEDRAS ALTAS | VII                      | Ocupa las partes más altas del área y se caracteriza por suelos superficiales livianos y con abundante pedregosidad superficial, afectada por severa erosión laminar, poca cobertura vegetal, (generalmente herbácea).                     |
| PDb   | PIEDRAS BAJAS | VII                      | Características muy similares a la anterior pero con disminución apreciable en la cantidad de piedras en superficie.   |
| UD    | UNIVERSIDAD   | III                      | Ubicado al centro del lote, son suelos livianos, superficiales, de colores claros de baja fertilidad natural y contenido de sodio. Presenta relieve plano con pendiente menores de 1 %, presenta vegetación herbácea y algunos arbustos.   |
| TR    | TERRAZAS      | IV                       | Relieve plano a ligeramente inclinado, texturas medias a livianas, superficiales con contenidos ligero a medio de sodio y afectada por una ligera erosión laminar.   |
| BS    | BOSQUE        | IV                       | Similar a las terrazas, los procesos erosivos no se observan debido a su cobertura natural, presenta acumulación de materia orgánica lo cual le da coloración oscura.  |

Fuente: (Olaya, 2007)

### 3.4. Especificaciones Técnicas de Construcción

#### 3.4.1. Descapote y nivelación manual.

Remover la capa superficial del terreno hasta eliminar la tierra vegetal, materia orgánica y demás materiales indeseables depositados en el suelo, incluyendo raíces y demás objetos que se crean inconvenientes. El descapote comprenderá el área demarcada en la en la figura 1. En las coordenadas 863725 N 810652 E.

La nivelación se realizará igual al área perimetral de la construcción, donde por medio de una estaca o mojón se realizara el nivel cero que indicara el nivel de piso terminado en la construcción.

#### **3.4.2. Localización y replanteo.**

Se definirá en el terreno asignado las edificaciones, de acuerdo a los planos constructivos, diseñados en el proyecto. Las referencias de los ejes y perímetros se harán mediante estacas y puntos de primera calidad fuertemente anclados al terreno. Se establecerán niveles a una cota de un metro sobre el nivel del piso, así mismo se fijará puntos de referencia permanentes.

#### **3.4.3. Excavación a mano**

Se ejecutará en los sitios necesarios de acuerdo a las dimensiones de los planos, dejando su fondo totalmente limpio y nivelado, y los costados totalmente verticales. Igualmente se tomaran los puntos de referencia de las zapatas y área de cimentación total.

### **3.5. Diseño de Instalaciones en climas cálidos**

#### **3.5.1. Bienestar**

Como es función primordial de todo edificio contrarrestar al menos algunas de las principales desventajas del clima donde se sitúa, debería ser posible filtrar, absorber o repeler los elementos climáticos o de otro tipo, según su efecto fuese nocivo o beneficioso para el bienestar de sus habitantes o usuarios.<sup>35</sup>

#### **3.5.2. Temperatura**

En base a la temperatura promedio de 25°C se diseña el Laboratorio con espacios abiertos, alturas suficientes para la entrada de aire y con buen techo para evitar la entrada de la luz solar sobre el recinto de construcción.

La temperatura más agradable para el hombre en reposo está comprendida entre 18° y 20° C., según la clase de trabajo. El hombre puede compararse con una estufa cuyo combustible es el alimento y que produce un kilogramo de peso propio, unas 1,5 kcal.<sup>36</sup>

---

<sup>35</sup> KONJA, Allan. Diseño Climas Cálidos. Madrid: 1 ed. 1981 págs. 153

<sup>36</sup> NEUFERT, E. El arte de proyectar en la arquitectura. Barcelona: 2ed. 1969 págs. 24

### 3.5.3. Ventilación y Climatización.

“La renovación del aire en cualquier local ocupado es necesaria para reponer el oxígeno y evacuar los subproductos de la actividad humana, o del proceso productivo, tales como el anhídrido carbónico, el exceso de vapor de agua, los olores desagradables u otros contaminantes.

Debe entenderse siempre que la ventilación es sinónimo de renovación o reposición de aire sucio o contaminado por aire limpio, por ejemplo, un sistema de climatización con una recirculación del aire al 100% no puede considerarse como un sistema de ventilación.

El laboratorio de Materiales cuenta con la ventilación suficiente para reponer y renovar el aire, como si tuviéramos un sistema de ventilación natural ya que el diseño no es cerrado y dispone de pocos muros.

La climatización consiste en tratar el aire de un local para conseguir unas condiciones de temperatura y humedad adecuadas con independencia de las condiciones climatológicas exteriores. Por razones técnicas y económicas, el sistema de climatización suele ser con recirculación de aire, es decir, el sistema toma aire del local a través de un circuito llamado de retorno, lo acondiciona y lo reintroduce en el local.

En base a la climatización del laboratorio se diseña con buena altura de techo y sistema abierto o sin muros que permiten una ventilación constante, facilitando la entrada de aire al área de construcción y la misma que se encuentra abierta, las otras áreas como la oficina y los recintos que están sobre muro en bahareque cuentan con ventanales suficientes para la entrada de aire, además el bahareque tiene propiedades favorables de disipación de calor por su contenido de suelo.

Aunque es posible diseñar y construir los circuitos de ventilación y climatización de un local de forma que sean independientes, en la mayoría de casos se aprovecha el mismo circuito, previendo una entrada de aire exterior que se mezcla con el aire de retorno antes de entrar en la unidad de acondicionamiento. En estos casos, hay que tomar medidas adecuadas para garantizar las tasas de renovación de aire del local adecuadas en función de la ocupación o uso del mismo.”<sup>37</sup>

---

<sup>37</sup>(N. A.)Real Decreto 486/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. España: 1 ed. 1997. Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y Agua Caliente Sanitaria. IT.IC.02: Exigencias ambientales y de confortabilidad. Págs. 1.

#### **3.5.4. Orientación**

La orientación de un edificio viene determinada por factores climáticos como el viento y la radiación solar, que incide en sus distintas fachadas a distintas horas. Se sabe sin embargo que la radiación y la temperatura actúan conjuntamente para producir la sensación de calor que experimenta el cuerpo o una superficie, expresándose como la temperatura sol-aire. Influyendo 3 componentes: aire exterior, la radiación solar absorbida por el cuerpo o superficie y el intercambio de calor por medio de radiaciones con el medio.

El laboratorio se orientara con eje longitudinal en posición perpendicular a la trayectoria del sol con el fin de proteger la guadua de la radiación solar y proveyendo de mayor cantidad de sombra el laboratorio. El recorrido del sol es en sentido este-oeste por lo cual la ubicación del laboratorio es Norte-sur.

#### **3.6. Fase Inicial**

Se toma toda la bibliografía referente a los 2 componentes principales para realizar el laboratorio en materiales no convencionales, para nuestro caso Guadua y Bahareque, determinándose en base a los lineamientos señalados por los términos de referencia de Las Normas Técnicas Colombianas (NTC), El Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado de La Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica (AIS) y la sub-zona de estudio preliminar nos arroja un resultado apto de construcción con suelos de características francas resultado del estudio,(Olaya, 2007), y el estudio de suelos de “diseño y puesta en marcha de un vivero forestal en la granja experimental piloto Universidad Surcolombiana –Neiva” (González, 2010).

La metodología usada fue recopilación, evaluación y revisión de la información, sobre el diseño del Laboratorio se tomaron dimensiones aproximadas de 100 a 120 m<sup>2</sup> para el montaje total de todas las instalaciones referentes al laboratorio, en donde encontramos las siguientes:

### 3.6.1. Áreas por Árbol de Procesos para la transformación de la Guadua.



Pero existen otras áreas o instalaciones que no hacen parte del proceso de transformación de la guadua pero son necesarias para el adecuado confort del laboratorista, estudiante y profesor, como son:



Su respectivo árbol de procesos cuenta desde la llegada de la guadua hasta su proceso final de secado en donde se entrega la guadua al consumidor o comprador. Etiquetada de la siguiente manera:



### 3.6.2. Área de corte de la Guadua

El área de corte de la guadua estima el proceso de usar varas de guadua de 6 metros de largo con el fin de hacer un manejo más útil y sencillo del producto tanto en el laboratorio como para las aplicaciones que se deriven en su uso. Pero este área de corte no solo se usara para cortar varillas de guadua de 6 metros sino por el contrario trazar, armar y construir artefactos de diferentes largos necesarios para los diferentes tipos de proyectos y estudios que tengan los estudiantes.

### 3.6.3. Área de Curado o inmunización de la Guadua

Luego del corte se procede en el área de curado o inmunización a usar alguno de los 2 métodos, que son, la sumersión de la guadua en agua con soluciones y el nuevo método de boucherie que reduce el tiempo de la inmunización o curado alrededor de un 93%, ya que el curado por el método de sumersión dura alrededor de 5 días y con el método de boucherie aplicando de 10 a 15 libras de presión con la solución dura alrededor de 7 a 8 horas, la única desventaja es el coste pero éste se puede hacer de manera rustica y sencilla.

#### **3.6.4. Área de Secado de la Guadua**

Posterior a la inmunización y aprovechando las condiciones climáticas de la zona, se dispone de un patio seguido de los métodos de inmunización para proceder al secado natural, donde se ubicarán las guaduas recién inmunizadas y listas para secar sobre un marco al cual se entrelazaran a 70°, con el fin de aprovechar la mayor cantidad de brillo solar y la corriente de aire sobre las guaduas.

#### **3.6.5. Área de Almacenamiento de la Guadua**

Teniendo la guadua seca e inmunizada y si ésta aun no es recogida por el comprador, se dispondrá de un espacio adecuado con las características necesarias para el almacenamiento de la guadua, con el fin de otorgar un sitio ideal bajo condiciones ambientales y espaciales para que el producto resultante no se encuentre afectado al momento de su venta o estudio.

#### **3.6.6. Área o proceso de Manufactura de la Guadua**

El área de manufactura, es el lugar que dispondrá el laboratorista para realizar o llevar a cabo las diferentes tareas necesarias para concretar sus proyectos; en este sitio se dispondrá de la herramienta necesaria para perforar, medir, prensar o ejecutar cualquier actividad que el proceso a realizar necesite, sirviendo de punto de partida para armar, formar, construir cualquier artefacto o algún tipo de herramienta necesaria.

### **3.7. Fase media**

En esta fase se procede a determinar por medio de la bibliografía las características de construcción específica del Bahareque y las características técnicas más adecuadas de la guadua.

#### **3.7.1. Especificaciones Técnicas de La Guadua**

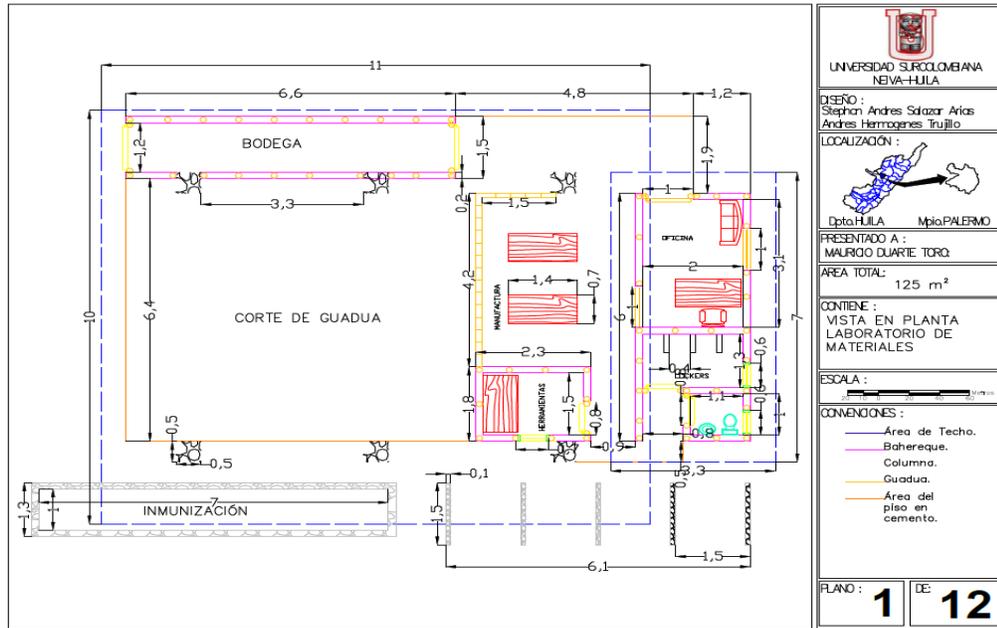
La *Guadua angustifolia* Kunth es una de las muchas especies del bambú, Su diámetro exterior tiene un promedio de 12 cm y un diámetro interior entre 9 y 10 cm. En sólo seis meses, puede alcanzar una altura de hasta 12m y obtiene su madurez después de 4 años, teniendo un punto óptimo de cosecha entre los 4 y 6 años. Gracias a su alta resistencia, la guadua es la especie más utilizada de los bambúes en América Latina, donde se encuentran plantaciones de esta especie, principalmente en el eje cafetero de Colombia.

Se usará *Guadua angustifolia* Kunth (macana), que nos provee con diámetros de 12 cm externos y de 10 a 11 cm internos aproximados, madura y lista para construir.

Luego de determinar las necesidades, servicios y especificaciones técnicas, que hizo entrega el Laboratorio de Materiales no convencionales, se procede mediante el árbol de procesos a ubicar estratégicamente cada una de las áreas habilitadas necesarias para el mismo, como aquellas de confort y necesidad para los laboratoristas, tomando las siguientes decisiones:

1. Al momento de descargar la guadua, se buscó un sitio de entrada o descargue de la guadua que estará dispuesto frente al área de corte de la guadua para luego de seleccionarla.
2. Luego de la selección se procede a cortar las varas de 6 metros o el corte necesario o pedido por el comprador, para facilitar la descarga, selección y corte de la misma en el proceso.
3. Seguido al área de corte, se dispone a transportar la guadua a la alberca de inmunización o el boucherie para su respectivo curado, además de hacer sencilla la conducción de las herramientas para la perforación de la guadua al momento de la inmunización.
4. Consecutivamente al proceso de curado, encontramos el área de secado natural donde se ubican las guaduas en dirección perpendicular al brillo solar y la dirección del viento.
5. Posteriormente de un buen secado e inmunizado se procede a ubicar el producto en el área de almacenamiento listo para entregar al comprador.

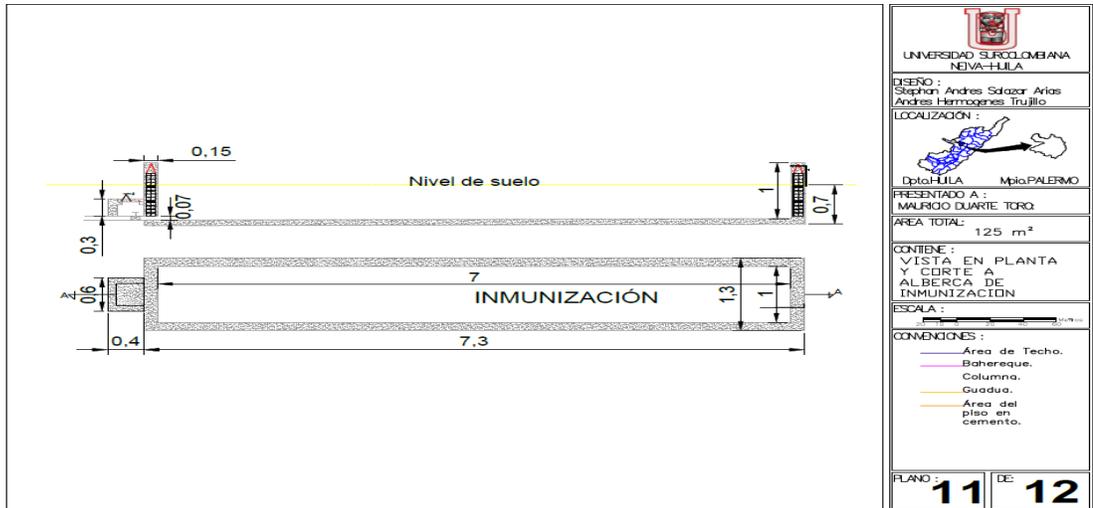
Para el proceso se ubicaron las áreas o espacios de la siguiente forma:



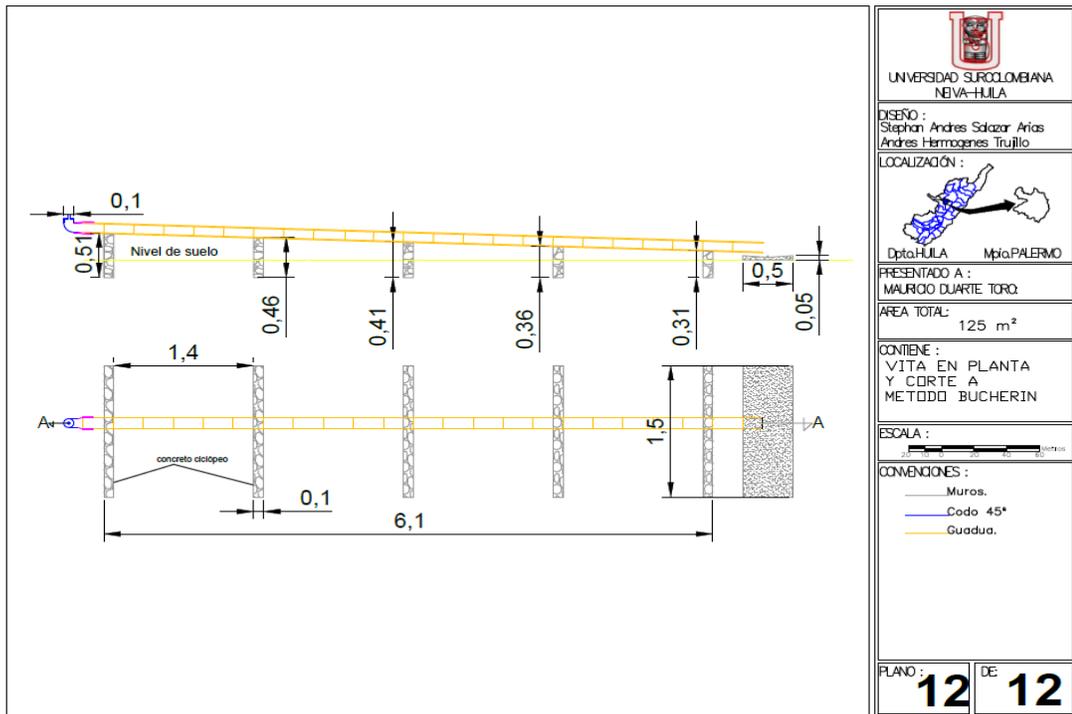
Seguido de la ubicación respectiva y estratégica de cada uno de los espacios, se presentan los lugares principales que son las áreas de inmunización y área administrativa.

A continuación, se determinan las dimensiones específicas del área de curado o inmunización, insertando las guaduas de manera adecuada para que dicho proceso sea en sumersión o por el método de bucherie que es más eficiente y rápido para el curado de la guadua.

### Método de Inmunización por inmersión.



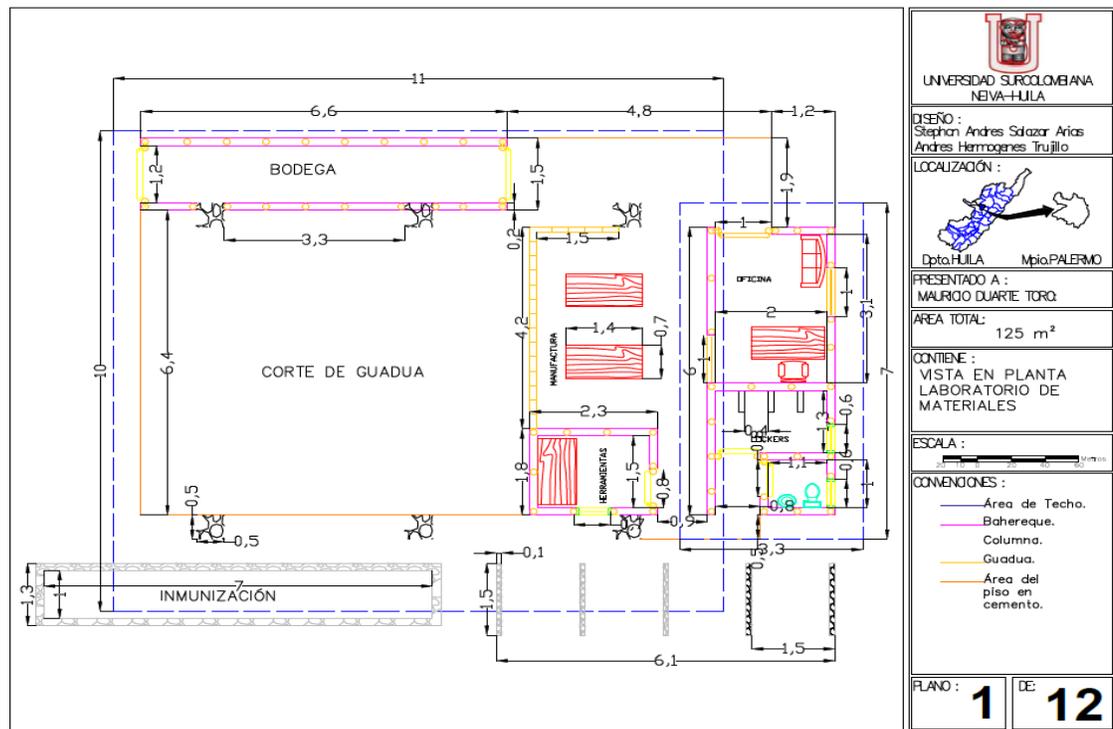
### Método de Inmunización por Boucherie



El sitio administrativo del laboratorio, comprende un área para guardar los implementos de los laboratoristas y los investigadores; igualmente incluye una

oficina donde se guardaran documentación pertinente; éste cuarto contará con aire acondicionado para el agrado del investigador e igualmente un escritorio para la realización actividades curriculares. Además se contara con un espacio donde se ubicará un baño para bienestar de los investigadores, laboratorista y profesor respectivamente.

### Área Administrativa.



Luego de establecer las áreas específicas, se hace necesario hacer visitas a campo, con el fin de fijar las coordenadas para la ubicación del laboratorio las cuales son las siguientes: 863725 N 810652 E.

### 3.8. Fase Final

Luego de Georeferenciar y determinar las dimensiones, espacios y lugares se procede hacer los cálculos estructurales. Determinar las cantidades de Obra necesarias para la construcción total del laboratorio, un análisis de precios

unitarios para saber el coste total de la obra y así mismo determinar el presupuesto Total de la obra.

### **3.8.1. Cantidades de obra**

Las cantidades de obra se calculan de tal forma que se pueda medir o cuantificar las actividades pertinentes al desarrollo del proyecto por ítem, y de esta forma conocer más fácilmente el presupuesto que conlleva su ejecución.

### **3.8.2. Análisis de precios unitarios (APU)**

El análisis de precios unitarios es un procedimiento detallado que se realiza para conocer el costo por unidad de las actividades que lo ameritan por tener una mayor participación en el desarrollo del proyecto, como son: las excavaciones, la preparación de concreto a todo costo, la preparación de la mezcla suelo-cemento, la tubería, revestimientos y otras incluidas en la construcción de obras de mampostería como levantamiento de muros, y pañete sobre el bahareque.

### **3.8.3. Presupuesto**

Para la realización de los estudios requeridos en los aspectos técnicos y financieros se cuantificó la cantidad de obra, presupuesto y análisis de precios unitarios de las actividades que se deben hacer, necesarios para la realización del proyecto.

Finalmente, para el presupuesto detallado del proyecto se contó con la asesoría del director de este, en el cual se utilizaron los costos para el año 2012 y se encuentra disponible en el capítulo 5 Resultados.

### **3.8.4. Planos**

Se elaboraron los planos pertinentes de la construcción tales como: áreas de Corte, inmunización, bodega, administrativa y manufactura, necesarios para realización del debido proceso de la guadua u otros materiales.

## 4. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

### 4.1. Diseño De Iluminación

#### 4.1.1. Área de trabajo

La actividad que se va a desarrollar en el laboratorio según la ley 1122 de 2007, cuadro 11.2 “Niveles de iluminación recomendados en áreas industriales”, es, “Trabajo con Madera” con subtítulo “Aserrado y Trabajo de Banco”, además la edificación es un espacio abierto y se requiere una iluminación de 300 lux.

Área de trabajo = 90 m<sup>2</sup>

$$\text{Iluminación requerida} = 300 * 90\text{m}^2 = 27000 \text{ lúmenes}$$

$$\text{Luz emitida} = \frac{\text{req}}{K * u}$$

K = cte de iluminación.

U = coeficiente de utilización.

$$\text{Luz emitida} = \frac{27000 \text{ lúmenes}}{0,56 * 0,7} = 68877 \text{ lúmenes}$$

Un par de lámparas fluorescentes aportan 4577,78 lúmenes.

$$\text{N}^\circ \text{ Lámparas} = \frac{68877 \text{ lúmenes}}{4577,78} = 15 \text{ lámparas}$$

Son 7,5 conjuntos de dos lámparas.

#### 4.1.2. Oficina

La actividad que se va a desarrollar en el laboratorio según la ley 1122 de 2007 aserrado y trabajo de banco, además la edificación es un espacio abierto y se requiere una iluminación de 300 lux.

Área de trabajo = 6,2 m<sup>2</sup>

$$\text{Iluminación requerida} = 300 * 6,2\text{m}^2 = 1860 \text{ lúmenes}$$

$$\text{Luz emitida} = \frac{\text{req}}{K * u}$$

K = cte. De iluminación.

U = coeficiente de utilización.

$$\text{Luz emitida} = 3720 \text{ lúmenes} / 0,56 * 0,8 = 8304 \text{ lúmenes}$$

Una bombilla de luz blanca eficiente de 100 watts aportan 1800 lúmenes.

$$\text{N}^\circ \text{Lamparas} = 3720 \text{ lúmenes} / 1800 = 15 \text{ lamparas}$$

Son 2,06 bombillas de luz blanca.

#### 4.2. Placa de Concreto

Se diseña una placa de concreto con el fin de facilitar el libre movimiento en el área administrativa y de construcción del laboratorio, con un área aferente de 127 m<sup>2</sup> y una altura de 10 cm. Esta placa no contiene refuerzos indicando no sufrirá de ningún tipo de deformación provocada por algún agente externo.

$$\text{Área de andén} = 127 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen concreto placa} = \text{Área de andén} * \text{Altura de Placa andén}$$

$$\text{Volumen concreto placa} = 127 \text{ m}^2 * 0,1 \text{ m}$$

$$\text{Volumen concreto placa} = 12,7 \text{ m}^3$$

$$F'c = 21 \text{ MPa}$$

#### 4.3. Diseño De Andén

La actividad a desarrollar sobre los andenes es ubicar rutas de acceso al laboratorio pero aparte de esto también funcionan como sostén de las rejillas de desagüe, que son de ½" y espaciadas cada 5 cm para evitar el paso de material que obstruya los desagües, esta pequeña placa de andén se fundirá con una altura de 5 cm con un área total de 57,8 cm según se muestra en el plano de desagües.

$$\text{Área de andén} = 57,8 \text{ m}^2$$

$$\text{Volumen concreto andén} = \text{Área de andén} * \text{Altura de Placa andén}$$

$$\text{Volumen concreto andén} = 57,8 \text{ m}^2 * 0,05 \text{ m}$$

$$\text{Volumen concreto andén} = 2,89 \text{ m}^3$$

#### 4.4. Diseño De Muros

Con base al manual del bahareque elaborado por la Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica (AIS), el espesor de los muros estructurales cubiertos por ambos lados, se calcula de acuerdo al diámetro promedio de la guadua q lo conforma mas el espesor de los recubrimientos de cada lado, constituidos por la

esterilla, la malla de alambre y la primer capa de mortero en la que se envuelve la malla, antes de la capa de acabado.

Ancho de Muro = Diámetro de Guadua + Ancho de Esterilla + (Espesor malla de alambre + Capa de mortero)

Ancho de Muro = 12 cm + 1 cm + 2 cm

Ancho de Muro = 15 cm

Véase plano No. 8 y 9.

#### 4.5. Diseño de Uniones en Guadua

En base al Manual del Bahareque de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) se hace necesario perforar la guadua para introducirle pernos, debe usarse un taladro de alta velocidad y evitar impactos. Además todos los cañutos que estén atravesados por pernos o barras deben rellenarse con mortero de cemento. Este mortero debe ser lo suficientemente fluido para penetrar completamente dentro del cañuto.

Puede prepararse este mortero de relleno, por volumen, utilizando una relación de 1 a 0,5 entre el cemento y agua y sin exceder la relación 4 a 1 entre el agregado fino y el cemento. La introducción del mortero se debe hacer con un embudo y una bomba casera.

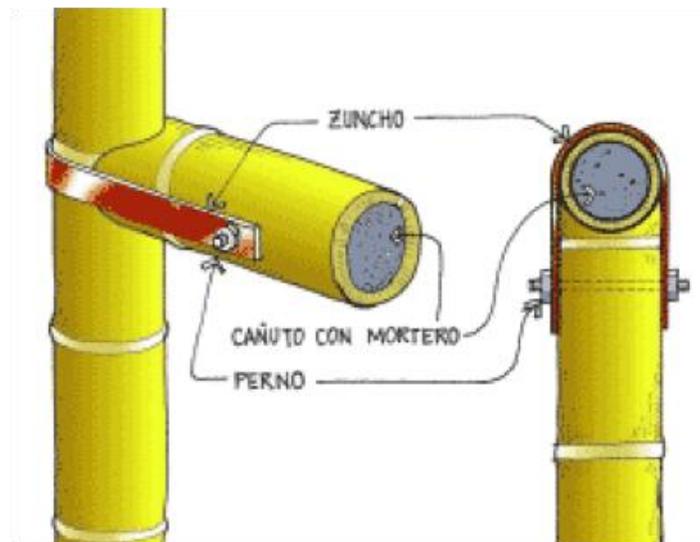


Figura No.6. Uniones  
Manual de Construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado

Véase Plano No. 10

## **4.6. Cálculos Estructurales Para Estructuras En Guadua**

### **Norma sismo resistente del 2010 (Titulo G)**

#### **4.6.1. Cálculo De Las Cargas De Viento**

Capitulo B.6.5 Método 2. Procedimiento analítico.

Velocidad básica del viento tabla B.6.4-1,

Categorías de exposición  $K_z$ ,

Presión por velocidad  $K_h$ , B.6.5.6

Figura B 6.4.1 velocidad por región. Neiva región 3  $\rightarrow$  velocidad viento = 28  $\rightarrow m/s$   
 $\rightarrow 100 Km/h$

Factor importancia I. B.6.5-1

Factor dirección del viento  $K_d$ . B.6.5-4

Rugosidad del terreno C. B.6.5.6.2

Categoría de exposición D. B.6.5.6.3

Coeficiente de exposición de presión por velocidad B.6.5-3

Factor efecto ráfaga B.6.5.8.2

Factor topográfico  $K_{zt} = (1 + K_1 + K_2 + K_3)^2$  B.6.5-1

Presión por velocidad  $Q_z = 0,613 K_z \times K_{zt} \times K_d V^{2.1}$  en  $(N/m^2)$

Coeficiente de presión y fuerza externa B.6.5.11.2  $\rightarrow$  B.6.5-3

$K_{zt} = 1$

Presión interna  $\rightarrow GC_{pi} = 0,5$  edificios medio cerrados

Presión externa  $\rightarrow GCpf = -0,48$  -----

Cf = Coeficiente de fuerza

Factor de importancia = 1,15  $\rightarrow$  Categoría III pg.78

CN = Coeficiente presión neta pg.76.

A -0,8 B 0,8



Kd = Factor direccionalidad del viento 0,85.

Kh y Kz = 0,98

GCpi Posicional cerrados pagina 70 valores -0,55, 0,55

### Determinación De Cargas

Carga por viento mínimo es  $0,40 \text{ KN/m}^2 \times (10\text{m} \times 9) = 36 \text{ KN}$

Presión por velocidad  $\rightarrow Qz = (0,613 \times 0,98) \times (1 \times 0,85) \times 28^2 \times 1,15$

$$Qz = 460,4 \text{ N/m}^2 \rightarrow 0,46 \text{ KN/m}^2$$

Presión de viento de diseño edificios bajos:

$$P = Qz [(GCpf) - (GCpi)]$$

$$P = 0,46 [(-0,6) - (0,55)]$$

$$P = 0,53 \text{ KN/m}^2$$

Edificios Flexibles:

$$P = QzCfCp - Qz (GCpi)$$

$$P = 0,46 \times 1,3 \times 0,6 \frac{+}{-} (0,46 \times 0,55)$$

$$P = 0,58 \text{ KN/m}^2$$

## Cargas Muertas

$$\text{Volumen Esterilla} = 0,01\text{m} \times 0,5\text{m} \times 2\text{m} = 0,01\text{m}^3$$

$$\text{Densidad} = 800 \text{ Kg}/\text{m}^3 \times 0,01\text{m}^3 = 8 \text{ Kg} \times 10\text{m}/\text{s}^2 = 0,08 \text{ KN}$$

Peso de una guadua de  $\varnothing = 12$  cm es de 19,5 Kg  $\rightarrow$  0,195 KN

Peso teja  $5,13 \text{ Kg}/\text{m}^2 \rightarrow 0,0513 \text{ KN}/\text{m}^2$

Cantidad de tejas  $\rightarrow$  75.

Carga de viento  $\rightarrow 0,58 \text{ KN}/\text{m}^2$

Cargas vivas  $\rightarrow 0,5 \text{ KN}/\text{m}^2$

Esfuerzos admisibles modificados para sollicitación:

$$\text{Flexión} = 15 \times 1 \times 0,83 \times 0,6 \times 1,1 = \mathbf{8,22 \text{ Mpa}}$$

$$\text{Tracción} = 18 \times 1 \times 0,89 \times 0,8 \times 1,1 = \mathbf{14,1 \text{ Mpa}}$$

$$\text{Compresión II} = 14 \times 1 \times 0,83 \times 0,7 \times 1,1 = \mathbf{7,67 \text{ Mpa}}$$

$$\text{Compresión I} = 1,4 \times 0,9 \times 0,89 \times 0,7 \times 1,1 = \mathbf{0,86 \text{ Mpa}}$$

$$\text{Corte} = 1,2 \times 1 \times 0,89 \times 0,6 \times 1,1 = \mathbf{0,70 \text{ Mpa}}$$

$$\text{Flexión} = 7500 \times 0,93 \times 0,8 \times 1,1 = \mathbf{6138 \text{ Mpa}}$$

#### 4.6.2. Cálculo De Secciones

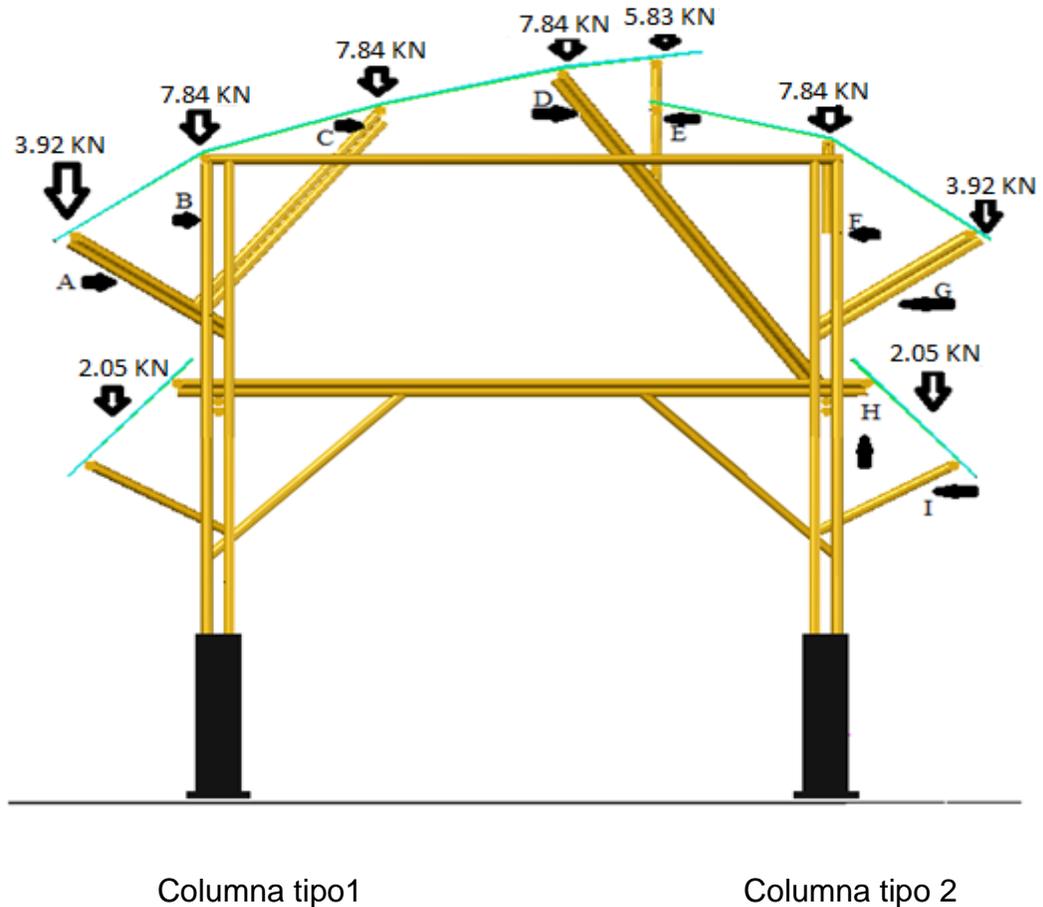


Figura No. 7 Vista Frontal Laboratorio.

Véase Plano No. 2.

Los ángulos que se toman para hacer los cálculos se toman formándolos con las columnas respectivamente.

El cálculo de las fuerzas de cada sección se realizó por áreas aferentes para cada una de las fuerzas actuantes sobre la cubierta, una vez calculadas se aplica la ecuación para diseño de secciones, deflexiones diferidas en climas constantes  $w = 1.2D + 1.6L$

Muestra de cálculos nudo A

Área aferente es de  $3.67 \text{ m}^2$  debido a que la nave tendrá una longitud de 11 m y como la estructura estará soportada por tres pares de columnas, estas se

dispondrán a una distancia de 3.67 m. la teja que se utilizara será de una longitud de 2.4 m teniéndose una área útil de 2 m, por esta razón el área aferente será de  $3.67m \times 1m = 3.67m^2$  para la sección A, en cuanto a la sección B el área aferente es de  $3.67m \times 2m = 7.34m^2$

Peso de esterilla  $0.08KN \times 3.67 = 0.29KN$

Peso guadua de 6 metros = 0.20 KN

Peso tejas  $0.0513 \frac{KN}{m^2} \times 3.67m^2 = 0.19 KN$

Presión de viento  $0.45 \frac{KN}{m^2} \times 3.67m^2 = 1.65KN$

$$\sum 0.29KN + 0.20KN + 0.19KN + 1.65KN = 2.33KN$$

Peso de cargas vivas  $0.2 \frac{KN}{m^2} \times 3.67m^2 = 0.73KN$

Aplicamos la ecuación de mayoración de cargas muertas y vivas  $w = 1.2D + 1.6L = 1.2 \times 2.33 + 1.6 \times 0.73 = 3.92KN$

Los esfuerzos a los que se encuentra sometido la sección A se determinaron de la siguiente manera  $esfuerzo \text{ en la seccion} = \frac{Carga}{\cos\theta} = \frac{3.92}{\cos55} = 6.83KN$

$$Fx = 5.60KN$$

$$Fy = 3,92 KN$$

Para el nudo B la carga es el doble del nudo A debido a que el área aferente se duplica, los esfuerzos a los que se encuentra sometido la sección B se transmite de forma vertical a la columna tomando el valor de 7,84KN.

El cálculo de las demás secciones sigue el procedimiento anterior expuesto teniéndose en cuenta el ángulo que la sección forme con respecto a la carga que soporta.

### Muestra de cálculos

Sección C

$$Fseccion = \frac{7.84 KN}{\cos 39} = 10.09KN$$

$$F_x = 6.35 \text{ KN}$$

$$F_y = 7.84 \text{ KN}$$

Sección D

$$F_{seccion} = \frac{7.84 \text{ KN}}{\cos 35} = 9.57 \text{ KN} + 7.12 \text{ KN} = 16.69 \text{ KN}$$

$$F_x = 9.57 \text{ KN}$$

$$F_y = 13.67 \text{ KN}$$

Esta sección se encuentra bajo el efecto de la carga del nudo E que se transmite de forma vertical.

Sección H

$$F_x = 1.39 \text{ KN}$$

$$F_y = 2.05 \text{ KN}$$

Sección I

$$F_{seccion} = \frac{2.05 \text{ KN}}{\cos 60} = 4.10 \text{ KN}$$

$$F_y = 2.05 \text{ KN}$$

Por simetría las secciones restantes soportan esfuerzos iguales a las homologas ya calculadas.

Una vez obtenida el esfuerzo sobre la sección y las fuerzas en sentido X y Y se procede a realizar el cálculo de momentos y esfuerzos para establecer que la estructura se encuentre dentro de los esfuerzos admisibles.

Fuerza en columna tipo 1

$$\text{Fuerza de compresión} = \sum F_y = 3.92 \text{ KN} + 7.84 \text{ KN} + 7.840 \text{ KN} + 2.05 \text{ KN} = 21.65 \text{ KN en compresion}$$

Esfuerzo en columna tipo 2

$$\text{Esfuerzo de compresión} = \sum F_y = 27.48 \text{ KN en compresión}$$

El área que soportará esta compresión será la que se obtiene de 4 guadas de 12cm de diámetro y con un espesor en la pared del culmo de 1cm.

$$A = \frac{\pi}{4} \times (D^2 - d^2) = \frac{\pi}{4} \times (120^2 - 100^2) = 3455.75 \text{ mm}^2$$

La inercia para una guadua es  $I = \frac{1}{4} \pi \times (R^4 - r^4) = \frac{1}{4} \pi \times (60^4 - 50^4) = 5.27^6 \text{ mm}^4$

#### 4.6.3. Cálculo De Las Deflexiones

De la tabla G 12.8-1 se toman las ecuaciones que se aplicarán en función de las características de las cargas.

Para carga puntual  $\Delta = \frac{P \times L^3}{48EI} < K$

Para carga distribuida  $\Delta = \frac{5}{384} \times \frac{w \times L^4}{EI} < K$

K se extrae de la tabla de G12.8-2 donde se dan las deflexiones admisibles en función de la luz libre máxima que se maneje en la estructura y para cubiertas inclinadas hoja recta.  $K = \frac{L}{300} = \frac{3.67 \text{ m}}{300} = 0.012 \text{ m}$

Debido que las cargas muertas y vivas sobre el techo son distribuidas, se aplica la ecuación respectiva

Para carga distribuida  $\Delta = \frac{5}{384} \times \frac{1.08 \text{ KN/m} \times 3.67^4}{6138000 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2} \times 5.27 \times 10^{-6} \text{ m}} < 0.012 \text{ m OK}$

#### 4.6.4. Cálculos de los esfuerzos de tensión flexión, compresión y corte.

Sección A

$$F_x = 5.60 \text{ KN}$$

$$F_y = 3.92 \text{ KN}$$

Momento =  $(5.60 \text{ KN} \times 1.02 \text{ m}) - (3.92 \text{ KN} \times 1.41 \text{ m}) = 0.180 \text{ KN} \cdot \text{m}$  como la guadua soporta una momento de 8.22 KN\*m la sección se encuentra dentro de las sollicitud y permite establecer que soportará la carga.

Esfuerzo de compresión =  $\frac{6830 \text{ KN}}{3455.75 \text{ mm}^2} = 1.98 \text{ Mpa}$  como la guadua soporta 7.67Mpa Ok según la tabla G12.11-1.

Esfuerzo de Cortante se utilizarán pernos de 1" en guadua de 12cm que soportan según la tabla G12.11-2.

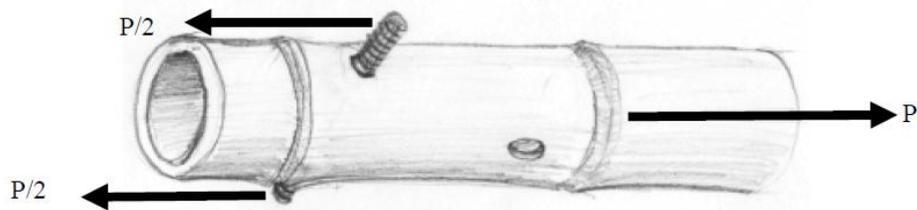


Figura G.12.11-5

Figura No. 8. Guadua Sometida a Esfuerzo Cortante P.

La carga P que soporta es =13072 N.

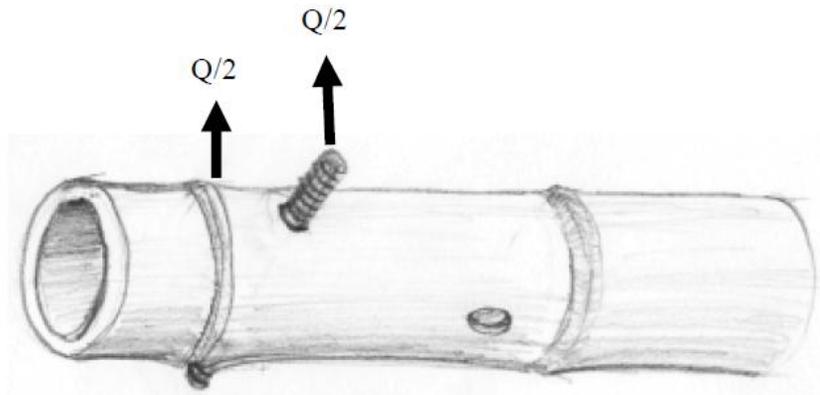
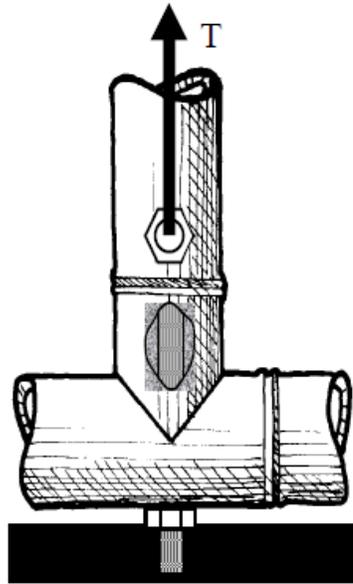


Figura 12.11-6 - Carga Q

Figura No. 9. Guadua con carga Q.

La carga Q que soporta al corte es =5229N.



**Figura G.12.11-7 - Carga T**

Figura No. 10. Guadua con Soporte máximo a corte.

La carga máxima al corte que soporta en el sentido T = 2500N.

### Determinación de momento resistente

$$Fb = \frac{M}{S} \leq Fb_i$$

$$\text{modulo de seccion para una guadua } S = \frac{I}{C} = \frac{\pi \times (Di^4 - di^4)}{32 \times Di}$$

Donde Di= 120mm di = 100mm y t= 10mm

$$\text{modulo de seccion para una guadua } S = 87834\text{mm}^3$$

### Comprobación de momento resistente

$$\sigma = \frac{M}{S} = \frac{180000\text{N} \times \text{mm}}{87834 \text{mm}^3} = 2.05\text{Mpa} < 8.22\text{Mpa OK}$$

Comprobación de Esfuerzo cortante paralelo a la fibra.

Este cortante es el perpendicular a la fibra; se toma la fuerza en sentido de la sección q, en la sección A es 6.83 KN se pasa a N se divide en 2 por q la soporta el área de dos guadas y luego si se aplica (V) a la ecuación. Mostrado a continuación:

$$Fv = \frac{2V}{3A} * \frac{(3 * De^2) - (4 * De * t) + (4 * t^2)}{De^2 - (2 * De * T) + (2 * t^2)} = \frac{2(3415 N)}{3(3455 mm^2)} * (3.18) = 2.10 Mpa$$

Se requieren dos guadas para soportar el cortante de la sección y así cumplir con el requerimiento sin exceder los esfuerzos admisibles.

El análisis para las demás secciones que componen la estructura se realiza de la forma anterior obteniéndose los siguientes resultados.

Sección B trabaja a compresión

$$\text{Cálculo de la presión paralela a la fibra} = \frac{7840 N}{3455 mm^2} = 2.27 Mpa < 7.67 Mpa OK$$

Según Tabla G12. 11-1 NSR- 10

Comprobación de Esfuerzo cortante paralelo a la fibra

En este caso es la carga de 7.84 KN y como está sostenida por el área de cuatro guadas se divide en cuatro y se aplica (v) a la ecuación y se divide por el área de una sola guada para saber si soporta la carga q le corresponde. Mostrado a continuación:

$$Fv = \frac{2 * v}{3 * A} * (3.18) = 1.20 Mpa$$

Sección C

Momento = 123600 Nmm

Fy = 7,84 KN

Fx = 6.35 KN

Momento resistente = 5.59 Mpa < 8.22 Mpa OK

Cortante =  $\frac{10090 N}{28800 * 2mm^2} = 0.18 Mpa$  se requieren dos guadas para soportar el esfuerzo en esta sección.

Compresión paralela a la fibra carga  $P = 13070N$  que se distribuye en tres para soportar la carga de forma admisible

Compresión perpendicular a la carga  $Q = 5229N$  carga soportada en tres apoyos para cumplir así con el esfuerzo admisible.

Carga de aplastamiento  $T = 2500N$  distribuida en 6 apoyos.

Sección D

Momento =  $190300 Nmm$

$F_y = 15.4 KN$

$F_x = 9.57 KN$

Momento resistente =  $2.17 Mpa < 8.22 Mpa OK$

Cortante =  $\frac{16690N}{28800 \times 2mm^2} = 0.30 Mpa$  se requieren dos guadas para soportar el esfuerzo en esta sección.

Compresión paralela a la fibra carga  $P = 13070N$  que se distribuye entre los apoyos.

Luego del apoyo de la sección D sobre la viga esta se encuentra sometida a nuevas cargas los cálculos presentados se realizan con estas nuevas cargas.

Sección D1

Elemento solicitado a flexo compresión, por esta razón los cálculos se realizan con la ecuación del título G12.10.2

$$F_x = 9.57KN$$

$$F_y = 13.61KN$$

$$F_{D1} = 45.03KN$$

$$F_c = \frac{F}{A} = \frac{16690N}{3455.75mm^2} = 4.83 Mpa$$

$$= \frac{F_c}{F'_c} + \frac{Km \times Fb}{F'_b} \leq 1$$

$$\frac{4.83 \text{ Mpa}}{7.67 \text{ Mpa}} + \frac{-0.93 \times 2.17 \text{ Mpa}}{8.22 \text{ Mpa}} = 0.64 \leq 1 \text{ ok}$$

$$Km = \frac{1}{1 - 1.5 \times \left(\frac{Na}{Ncr}\right)} = \frac{1}{1 - 1.5 \times \left(\frac{16690N}{1118N}\right)} = -0.05$$

$$Ncr = \frac{\pi^2 \times E_{0.05} \times I \text{ de dos guaduas}}{Le^2} = \frac{\pi^2 \times 7500 \text{ Mpa} \times 17710700 \text{ mm}^4}{13468900 \text{ mm}^2} = 1118 \text{ N}$$

Sección H

Momento resistente= 4.85 Mpa < 8.22Mpa oK

Compresión paralela a la fibra = 1.11 Mpa < 7.67 oK

Sección I

$$F_x = 3.55 \text{ KN} \quad F_y = 2.05 \text{ KN} \quad F_{D1} = 4.10 \text{ KN}$$

Momento=252500 Nmm

Momento resistente= 2.87Mpa < 8.22Mpa oK

Compresión paralela a la fibra = 1,26 Mpa < 7.67 oK

Cortante paralelo a la fibra = 0.25 Mpa soportada sobre el área de 4 guaduas.

Las secciones que no fueron calculadas es debido a que por simetría y cargas están sometidas a los mismos esfuerzos a las de sus homologas.

Debido a que varias de las secciones son soportadas en un ángulo deferente a las críticas que son paralelas a la fibra y perpendicular a la misma, se utilizarán las ecuaciones de Hankinson.

$$N = \frac{P \times Q}{P \times \sin^2 \alpha + Q \times \cos^2 \alpha} \quad \text{G12.11-2}$$

Elemento C

$$N = \frac{7.84 \text{ KN} \times 6.35 \text{ KN}}{7.84 \text{ KN} \times \sin^2 51 + 6.35 \times \cos^2 51} = 6.87 \text{ KN carga límite que soporta}$$

Elemento D1

$$N = \frac{9.57KN \times 13.67KN}{9.57KN \times \sin^2 55 + 13.67 \times \cos^2 55} = 11.98KN \text{ carga límite que soporta}$$

#### 4.6.5. Cálculos De Columnas

La determinación de la longitud efectiva capítulo G 12.9.2.1 de la NSR 2010

$$Le = Lu \times K \quad \text{donde } K \text{ se determina de la tabla G 12.9 - 1}$$

$$Le = 4.1m \times 1 = 4.1m$$

Cálculo de la esbeltez, capítulo G 12.9.2.2 de la NSR 2010

$$\gamma = \frac{Le}{r} = \frac{4100cm}{360cm} = 11.38 < 30 \text{ ok esto implica que es una columna de}$$

*categoria corta*

Esfuerzo máximo que soporta

$$Fc = \frac{N}{An} \leq fc' = \frac{21650N}{3455.75mm \times 4} = 1.57Mpa \leq 7.67Mpa \text{ se cumple la condicion}$$

*para la columna 1*

Para la columna 2 el esfuerzo máximo que soporta es de  $1.99Mpa \leq 7.67Mpa$  cumple la condicion del esfuerzo admisible.

Diseño de columnas de concreto y zapatas

Columna tipo 1

$$Fy = \sum 3.92KN + 7.84KN + 7.84KN + 2.05KN + \text{peso de guadua} \\ = 21.65KN + 1.92KN = 23.57KN$$

$$Pu = 23.57KN \text{ carga ultima}$$

Debido al ancho de las guadas de 0.12m, las dimensiones de la columna son de 0.5m x 0.5m se dispone para la ubicación de las cuatro guadas que componen la columna y se tomará:

Cálculos de hierros para la columna.

$$K = \frac{23570N}{21Mpa \times 500mm \times 500mm} = 0.0045$$

$$e = \frac{M}{Pu} = \frac{26.42KN.m \times 1.5 \text{ factor de mayoracion por sismo}}{23.57 KN} = 1.68$$

$$\frac{e}{h} = \frac{1.68}{0.5} = 3.36$$

$$K \times \frac{e}{h} = 0.015$$

$$\gamma = \frac{h - 1}{h} = \frac{0.5 - 0.1}{0.5} = 0.8$$

Con los datos calculados anteriormente se ingresa a las tablas de cuantía para columnas y se establece la cuantía mínima como criterio de diseño.

$$\text{cuantia minima } \rho = 0.01$$

$$\text{Área de refuerzo} = 500mm \times 500mm \times 0.01 = 2500mm^2$$

Área que implica 8 barras numero 6

Columna 2

$$Fy = \sum 7.84KN + 7.84KN + 3.92KN + 5.83KN + 2.05KN + \text{peso de guadua} \\ = 27.48KN + 1.92KN = 29.4KN$$

$$Pu = 29.4KN \text{ carga ultima}$$

Debido a que estas dimensiones de la columna son demasiado pequeñas para la ubicación de las cuatro guaduas que componen la columna se tomara la dimensión de 0.5m x 0.5m para poder soportar la columna en guadua.

Cálculos de hierros para la columna.

$$K = \frac{29400N}{21Mpa \times 500mm \times 500mm} = 0.0056$$

$$e = \frac{M}{Pu} = \frac{26.42KN.m \times 1.5 \text{ factor de mayoracion por sismo}}{74.97KN} = 0.53$$

$$\frac{e}{h} = \frac{1.35}{0.5} = 2.7$$

$$K \times \frac{e}{h} = 0.015$$

$$\gamma = \frac{h - 1}{h} = \frac{0.5 - 0.1}{0.5} = 0.8$$

Con los datos calculados anteriormente se ingresa a las tablas de cuantía para columnas y se establece la cuantía mínima como criterio de diseño

$$\text{cuantia minima } \rho = 0.01$$

$$\text{Área de refuerzo} = 500\text{mm} \times 500\text{mm} \times 0.01 = 2500\text{mm}^2$$

Área que implica 8 barras numero 6

#### 4.6.6. Cálculos de zapatas.

El diseño de las zapatas se realizara con la carga de la columna tipo 2 debido a que en estas es donde se presenta la máxima carga, este diseño se tomara para las zapatas de los tipos de columnas.

$$\text{Carga ultima } P_u = 29.40\text{KN}$$

$$\text{Peso propio} = 29.40\text{KN} \times 0.1 = 2.94\text{KN}$$

$$\text{Peso total} = 32.34\text{KN}$$

Determinación de Esfuerzos

$$\sigma_{\text{admissible}} = 0.23\text{Mpa}$$

$$G_{\text{ultimo}} = G_{\text{admissible}} \times 1.5 = 0.35\text{MPa}$$

Área =  $\sqrt{\frac{Pt}{Gu}} = \sqrt{\frac{32340\text{N}}{0.35\text{Mpa}}} = 304 \text{ mm}^2$  las dimensiones de la zapatas obtenidas no son aceptables para el diseño, por este motivo y teniendo en cuenta que la dimensión de las columnas son de 0.5m x 0.5m se diseñará la zapata con dimensiones de 0.7m x 0.7m.

Determinación de esfuerzo normal.

$$G_n = \frac{32340N}{490000} = 0.07Mpa \leq G_u \text{ OK}$$

Determinación de momento

$$(M) = \frac{(G_n \times L) \times (L - a)^2}{8} = \frac{(0.07Mpa \times 700mm) \times (700mm - 500mm)^2}{8}$$

$$= 245000 \text{ N} \cdot \text{mm} = 0.245KN \times m$$

Determinación de altura (d) de la zapata

$$\rho = 0.0018KN \quad K_2 = 0.0387$$

$$d = k_2 * \frac{(l-a)}{2} \sqrt{\frac{\sigma_n}{2}} = 0.0387 \times \frac{0.7-0.5}{2} \sqrt{\frac{0.07}{2}}$$

$$d = 0.0007 \text{ m}$$

$$h = d + 0.075 \text{ m}$$

$$h = 0.2 \text{ m}$$

$$d = 0.125 \text{ m}$$

Esto implica q no se necesita zapata ya que la altura de la misma es como se calculó anteriormente muy pequeña. Por criterio de diseño se le dará una altura (d) igual a 0.125 m.

Comprobación de cortante en zapata

$$\phi V_c = \frac{0.65 \times \sqrt{f'c}}{6} = \frac{0.65 \times \sqrt{21Mpa}}{6} = 0.496Mpa = \frac{496KN}{m^2}$$

$$\text{Cortante a } V_{d/2} = \frac{0.7m^2 - (0.5m + 0.125m)^2}{4 \times (0.5m + 0.125m) \times 0.125m} \times 0.07 \frac{KN}{m^2} = 0.318 \frac{KN}{m^2} \leq 2\phi V_c \text{ OK}$$

$$V_d = \frac{0.7m - (0.5m + (2 \times 0.125m))}{2 \times 0.125m} \times 195 \frac{KN}{m^2} = 0.2 \frac{KN}{m^2} \leq \frac{\phi V_c}{2} \text{ OK}$$

Determinación de Hierros con cuantías mínimas = 0.0018 para resistir el esfuerzo por retracción:

$$\text{Área} = 700\text{mm} \times 700\text{mm} \times 0.0018 = 157.5\text{mm}^2$$

$$\text{No. 2 A} = 32\text{mm}^2$$

$$\text{No. Barras} = 157.5 / 32 = 4.922$$

$$S = 0.7 \text{ m} / 4.922 = 0.14$$

$$= \text{Barra No. 4}$$

$$= \text{c.14 cm}$$

## 5. CONCLUSIONES

- ✓ Se realizó el estudio y diseño del Laboratorio con base a los requerimientos Técnicos dados por Las Normas Técnicas Colombianas (NTC), El Reglamento Colombiano De Construcción Sismo Resistente (NSR-10) y el Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado de La Asociación Colombiana De Ingeniería Sísmica (AIS).
- ✓ Según el marco de referencia tomados de los documentos revisados, se determinó que la guadua angustifolia Kunt o guadua macana es la más indicada para trabajar con fines constructivos y armónicos con el ambiente.
- ✓ Para los muros de las instalaciones se definió usar Bahareque Encementado como lo indica la Norma NSR-10, en su títuloE, con el fin de otorgar a la estructura mayor resistencia a sismos y las condiciones de la naturaleza.
- ✓ A los muros con Bahareque encementado, se le debe aplicar un pañete de mortero sobre una malla de alambre clavada en la esterilla de guadua que a su vez está anclada sobre su esqueleto según (NSR- 10, Título E).
- ✓ Atendiendo el confort, las condiciones ambientales de la zona, las necesidades propias del Tutor y los estudiantes, se crearon ambientes propicios para el desarrollo de las actividades, tareas y proyectos en el laboratorio.
- ✓ El Área Total del laboratorio en materiales no convencionales es de 127 m<sup>2</sup>.
- ✓ La altura del techo del laboratorio es de 7 m con el fin de facilitar el manejo de varas de 6 m en guadua, para ser usadas con fines constructivos.
- ✓ La construcción a todo costo del proyecto es de \$ **51.923.270** pesos.
- ✓ La construcción total del proyecto en programación de Obra es de aproximadamente 2 meses esperando que no ocurran muchos imprevistos y con el total de los materiales en el sitio de construcción.

## 6. RECOMENDACIONES

- ✓ La Guadua Angustifolia Kunt debe pasar por un proceso de curado y secado apropiados antes de ser llevada al sitio de construcción.
- ✓ La guadua se debe cubrir con brea u otro tipo de aislante en la base, para evitar el contacto directo con el concreto y así evitar su deterioro.
- ✓ El Ancho ideal de construcción de la guadua debe ser de 12 cm de diámetro y con un radio interno de 5 y 5,5 cm respectivamente según la formación biológica de la guadua.
- ✓ Para la construcción de este tipo de estructura en materiales no convencionales es recomendable tener una buena capacidad portante de los suelos con el fin de otorgar mayor estabilidad a la estructura, como el provisto por el suelo de la granja según el estudio realizado por (GONZALES, Patricia y MOSQUERA, Efrén) en Estudio De Suelos “Diseño Y Puesta En Marcha De Un Vivero Forestal En La Granja Experimental Piloto”.
- ✓ Para la construcción del proyecto se hacen necesarios 2 oficiales y 4 ayudantes para hacer eficiente y satisfactoria la construcción del proyecto.

## 7. BIBLIOGRAFIA

GIRALDO HERRERA, Edgar. SABOGAL, Aureliano. La Guadua una Alternativa Sostenible. 1 ed. Armenia: 1999. CRQ, Corporación Autónoma regional del Quindío.

VALENCIA GRANADA, Eduardo. Estudiantes VIII Semestre A-93. Materiales no convencionales. 1 ed. Neiva: 1993.

RODRIGUEZ ALONSO, Cesar A. MORALES DIAZ, Estefan. Escuela politécnica superior. El Bambú Como Material Estructural: Análisis de un caso práctico. 1 ed. Girona, España. 2008.

PEREA RIVAS, Jairo. VILLEGAS RAMOS, Juan Pablo. CERQUERA BAHAMON, Yeisinith. CORTES, María del Pilar. Evaluación Y Documentación De Prácticas sobresalientes Sobre El Manejo De La Cosecha y maduración De La Guadua En El Departamento Del Huila. 1 ed. Neiva: 2003. Ministerio de Agricultura y desarrollo cultural, Fundación para el desarrollo de la ingeniería.

GONZÁLEZ, Eugenia. DÍAZ, John. Propiedades físicas y mecánicas de la guadua. Universidad Nacional, Medellín, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 1992.

CARAZAS AEDO, Wilfredo. RIVERO OLMOS, Alba. Bahareque, Guía de construcción para sísmica. 1 ed. España: 2002.

MINKE, Gernot. Manual Para Construcción De Viviendas Antisísmicas En Tierra. 1 ed. Kasse, Alemania: 2001.

KONJA, Allan. Diseño Climats Cálidos. Madrid: 1 ed. 1981.

<http://www.guaduabamboo.com/la-guadua-angustifolia.html>

<http://www.visiteelquindio.com/veq/galeria/imagenesq/centroquadua/pages/guadua%20rayada.jpg.htm>

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4080020/Lecciones/Capitulo%203/GUADUA.HTM>

[http://huagra.blogspot.com/2009\\_12\\_01\\_archive.html](http://huagra.blogspot.com/2009_12_01_archive.html)

<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc14388/doc14388-c.pdf>

## **8. ANEXOS**

- ✓ Presupuesto
- ✓ Cantidad de Obra y Análisis de Precios Unitarios
- ✓ Cronograma de Actividades
- ✓ Planos.

| <b>PRESUPUESTO DEL PROYECTO CONSTRUCCION LABORATORIO DE MATERIALES NO CONVENCIONALES GRANJA USCO.</b> |   |                         |                 |                       |                      |
|---|---|-------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------|
| <b>ITEM</b>   | <b>DESCRIPCION</b>  | <b>UNIDAD DE MEDIDA</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>VALOR UNITARIO</b> | <b>VALOR PARCIAL</b> |
| <b>1</b>  | <b>PRELIMINAR</b>   |                         |                 |                       |                      |
| 1.1   | Cerca en poli sombra  | ML.                     | 30              | \$32.579              | \$ 977.370           |
| 1.2   | Levantamiento del terreno   | M2.                     | 125             | \$6.707               | \$ 838.375           |
| 1.3   | Limpieza y descapote a mano e=0,10 m  | M3.                     | 12,5            | \$6.620               | \$ 82.750            |
| 1.4   | Desalojo material en volquetadas a 5 km   | M3.                     | 15              | \$23.223              | \$ 348.345           |
| 1.5   | Campamento de 9M2 en guadua, tabla y tejalit.   | GL.                     | 1               | \$53.825              | \$ 53.825            |
| 1.6   | Localización y replanteo  | M2.                     | 125             | \$7.392               | \$ 924.038           |
| 1.7   | Excavación en tierra, a mano hasta 1 m de profundidad   | M3.                     | 125             | \$10.404              | \$ 1.300.500         |
|   | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>  |                         |                 |                       | <b>\$ 4.525.203</b>  |
| <b>2</b>  | <b>DESAGUES INSTAL/SUBTERRANEAS</b>   |                         |                 |                       |                      |
| 2.1   | Suministro e instalación de red principal Sanitarias  | ML.                     | 13              | \$50.237              | \$653.081            |
| 2.2   | Tub. A Negras 3" PVC  | ML.                     | 32              | \$7.645               | \$ 244.640           |
| 2.3   | Tub. A Negras 4" PVC  | ML.                     | 12              | \$13.830              | \$ 165.960           |
| 2.4   | Tub. A Negras 6" PVC  | ML.                     | 14              | \$15.362              | \$ 215.068           |
| 2.5   | Puntos de desagüe y Accesorios PVC 4  | Unidad                  | 1               | \$32.593              | \$ 32.593            |
| 2.6   | Caja Inspección .50x.50 concreto incluye tapa   | Unidad                  | 1               | \$123.714             | \$ 123.714           |
| 2.7   | Caja Inspección .70x .70 Concreto, incluye tapa   | Unidad                  | 1               | \$178.865             | \$ 178.865           |
| 2.8   | Canal de desagüe de aguas lluvias   | Unidad                  | 4               | \$334.527             | \$ 1.338.108         |
| 2.9   | Suministro e Instalación Red Principal Hidráulica   | ML.                     | 13              | \$48.586              | \$ 631.618           |
|   | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>  |                         |                 |                       | <b>\$ 3.583.647</b>  |
| <b>3</b>  | <b>CIMENTACION</b>  |                         |                 |                       |                      |
| 3.1   | Suministro, Figurado e Instalación de Hierro de Refuerzo 60000 PSI                                    | M3.                     | 180,00          | \$4.661               | \$ 838.980           |
| 3.2   | Zapatatas Tipo 1 de concreto de 3000 PSI  | Unidad                  | 6,00            | \$76.571              | \$ 459.426           |
| 3.3   | Placa Contrapiso en Concreto 3000 psi E = 10 Cm área externa perimetral Incluye malla electro soldada | M3.                     | 50,00           | \$142.070             | \$ 7.103.500         |
|   | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>  |                         |                 |                       | <b>\$ 8.401.906</b>  |
| <b>4</b>  | <b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>  |                         |                 |                       |                      |
| 4.1   | Columnas Tipo 1 Concreto 3000 PSI (0.5*0.5)   | Unidad                  | 6               | \$196.582             | \$ 1.179.492         |
| 4.2   | Concreto para Vigas. 3000 PSI (0.15*0.48)   | ML.                     | 25,2            | \$139.254             | \$ 3.509.201         |
| 4.3   | Viga de muro en Concreto ciclópeo de 60% concreto de 3000 PSI y 40% de piedra (.15 x .72)             | ML.                     | 25,2            | \$171.718             | \$ 4.327.294         |

|           |  |        |        |           |                     |
|-----------|--|--------|--------|-----------|---------------------|
|           | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>   |        |        |           | <b>\$ 9.015.986</b> |
| <b>5</b>  | <b>MAMPOSTERIA</b>   |        |        |           |                     |
| 5.1       | Muro de bahareque reforzado  | M2.    | 60,4   | \$119.410 | \$ 7.212.364        |
|           | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>   |        |        |           | <b>\$ 7.212.364</b> |
| <b>6</b>  | <b>PAÑETE</b>  |        |        |           |                     |
| 6.1       | Liso sobre muro 1:4 exterior/interior incl. Filos y dilataciones                                   | M2.    | 9,04   | \$16.665  | \$ 150.652          |
| 6.2       | Liso sobre columnas, 1:4 Exterior/interior incluye filos y dilataciones                            | M3.    | 6,00   | \$15.445  | \$ 92.670           |
| 6.3       | Liso + Sika impermeabilizados  | M2.    | 90,6   | \$14.364  | \$ 1.301.378        |
|           | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>   |        |        |           | <b>\$ 1.544.700</b> |
| <b>7</b>  | <b>CUBIERTA</b>  |        |        |           |                     |
| 7.1       | Esterilla y teja plástica  | M2.    | 160    | \$39.170  | \$ 6.267.200        |
|           | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>   |        |        |           | <b>\$ 6.267.200</b> |
| <b>8</b>  | <b>APARATOS SANITARIOS</b>   |        |        |           |                     |
| 8.1       | Suministro e instalación de sanitario completo   | Unidad | 1      | \$286.630 | \$ 286.630          |
| 8.2       | Lavamanos sobreponer + Grifería  | Unidad | 1      | \$256.909 | \$ 256.909          |
| 8.3       | Jabonera Porce/Color   | Unidad | 1      | \$25.921  | \$ 25.921           |
| 8.4       | Portarrollos Porce/Color   | Unidad | 1      | \$23.826  | \$ 23.826           |
|           | Toallero Tubo Porce/Color  | Unidad | 1      |           | \$ 0                |
|           | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>   |        |        |           | <b>\$ 593.286</b>   |
| <b>9</b>  | <b>CARPINTERIA METALICA</b>  |        |        |           |                     |
| 9.1       | Suministro e Instalación Ventana en aluminio sistema corredizo Ref. 80-25 dimensiones según diseño | Unidad | 5      | \$231.800 | \$ 1.159.000        |
| 9.2       | Suministro e Instalación Marco puerta según diseño   | Unidad | 4      | \$316.235 | \$ 1.264.940        |
|           | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>   |        |        |           | <b>\$ 2.423.940</b> |
| <b>10</b> | <b>VIDRIO</b>  |        |        |           |                     |
| 10.1      | Vidrio Común claro 4mm   | Unidad | 5      | \$57.900  | \$ 289.500          |
|           | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>   |        |        |           | <b>\$ 289.500</b>   |
| <b>11</b> | <b>PINTURA</b>   |        |        |           |                     |
| 11.1      | Estuco 1:2:3 sobre pañete (Ce.Ca.Ye)   | M2.    | 152,14 | \$4.597   | \$ 699.388          |
| 11.2      | Viniltex 3 Manos sobre Estuco  | M2.    | 152,14 | \$8.551   | \$ 1.300.949        |
|           | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>   |        |        |           | <b>\$ 2.000.337</b> |

|           |  |        |     |            |                      |
|-----------|--|--------|-----|------------|----------------------|
| <b>12</b> | <b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>  |        |     |            |                      |
| 12.1      | Suministro e Instalación de Acometida en Media Tensión                       | Unidad | 1   | \$ 751.750 | \$ 751.750           |
|           | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>   |        |     |            | <b>\$ 751.750</b>    |
| <b>13</b> | <b>ASEO</b>  |        |     |            |                      |
| 13.1      | Aseo y limpieza general final externa e Interna, incluye insumos de limpieza | M2.    | 100 | \$1.526    | \$ 152.568           |
| 13.2      | Retiro Bote y Limpieza de Sobrantes de obra                                  | Viaje  | 1   | \$99.770   | \$ 99.770            |
|           | <b>SUBTOTAL CAPITULO</b>   |        |     |            | <b>\$ 252.338</b>    |
|           | <b>TOTAL CAPITULOS</b>   |        |     |            | <b>\$ 46.862.157</b> |
|           | <b>A. I. U.</b>  | %      |     |            | <b>\$ 4.686.216</b>  |
|           | <b>IVA SOBRE 5 % DE UTILIDADES</b>   | %      | 16  |            | <b>\$ 374.897</b>    |
|           | <b>GRAN TOTAL</b>  | -      | -   | -          | <b>\$ 51.923.270</b> |

| COSTES OBREROS Y MATERIALES (JULIO /2012) PRECIOS EN PESOS |                |               |
|--|----------------|---------------|
| DESCRIPCION  | VALOR UNITARIO |               |
|  | SIN IVA        | CON IVA (16%) |
| <b>OBREROS</b>   |                |               |
| OFICIAL  | \$ 41.143      | \$ 48.980     |
| AYUDANTE   | \$ 21.393      | \$ 29.230     |
| <b>MATERIALES</b>  |                |               |
| CEMENTO GRIS DIAMANTE POR 50 Kg                            | \$ 20.259      | \$ 23.500     |
| VARILLA 1/2" X 6 m PESO 5,95 Kg                            | \$ 10.540      | \$ 12.226     |
| VARILLA 3/8" 9 mm PESO 3Kg                                 | \$ 5.905       | \$ 6.850      |
| VARILLA CHIPA 1/4" X Kg                                    | \$ 1.894       | \$ 2.197      |
| ALAMBRE NEGRO RECOCIDO 18 X Kg                             | \$ 2.432       | \$ 2.821      |
| TUBO DE PRESION DE 1" PAVCO RDE 21 X m                     | \$ 1.423       | \$ 1.651      |
| TEE PRESION 1" TIPO PESADO                                 | \$ 1.065       | \$ 1.235      |
| CODO DE PRESION DE 90 DE 1" TIPO PESADO                    | \$ 663         | \$ 769        |
| ADAPTADOR HEMBRA DE 1" TIPO PESADO                         | \$ 673         | \$ 781        |
| ADAPTADOR MACHO DE 1" TIPO PESADO                          | \$ 614         | \$ 712        |
| TUBO DE PRESION DE 1/2" PAVCO RDE 13,5 X m                 | \$ 843         | \$ 978        |
| TEE PRESION 1/2" TIPO PESADO                               | \$ 311         | \$ 361        |
| CODO DE PRESION DE 90 DE 1/2" TIPO PESADO                  | \$ 201         | \$ 233        |
| REDUCCION DE 1" A 1/2"                                     | \$ 444         | \$ 515        |
| LLAVE DE PASO 1/2"   | \$ 7.602       | \$ 8.818      |
| MANGERA BICOLOR ROJO-NEGRO 1/2" X m                        | \$ 1.293       | \$ 1.500      |
| TUBO SANITARIO PAVCO DE 3" X 6m                            | \$ 32.840      | \$ 38.094     |
| CODO SANITARIO 90 CC DE 3" TIPO PESADO                     | \$ 2.202       | \$ 2.554      |
| SIFON SANITARIO DE 3" TIPO PESADO                          | \$ 3.529       | \$ 4.094      |
| CODO SANITARIO 45 CC DE 3" TIPO PESADO                     | \$ 2.556       | \$ 2.965      |
| TUBO SANITARIO PAVCO DE 4" X 6m                            | \$ 50.164      | \$ 58.190     |
| SOLDADURA PAVCO PARA PVC 900 gr (1/4 gl)                   | \$ 30.901      | \$ 35.845     |
| LIMPIADOR PAVCO PARA PVC 760 gr (1/4 gl)                   | \$ 15.002      | \$ 17.402     |
| COMBO SANITARIO, LAVAMANOS Y ACCESORIOS                    | \$ 140.487     | \$ 162.965    |
| ACOPLE SANITARIO PLASTICO GRIVAL                           | \$ 1.760       | \$ 2.042      |
| ACOPLE LVM/LVP PLASTICO GRIVAL                             | \$ 1.760       | \$ 2.042      |
| VALDOSA DE 20 X 20 CAJA DE 2 mts2                          | \$ 20.472      | \$ 23.748     |
| VALDOSA DE 33,8 X 33,8 CAJA 1 mts2                         | \$ 15.738      | \$ 18.256     |
| SIKA PEGA-ENCHAPE X 25 Kg                                  | \$ 14.962      | \$ 17.356     |
| PINTURA BASE AGUA X 20 Lts                                 | \$ 143.017     | \$ 165.900    |

|  |            |            |
|--|------------|------------|
| PINTURA ESMALTADA X GALON              | \$ 42.154  | \$ 48.899  |
| TANQUE DE 500 Lts                      | \$ 102.973 | \$ 119.449 |
| KIT VALVULA FLOTADOR 1 1/2" Helman     | \$ 114.576 | \$ 132.908 |
| <b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>        |            |            |
| LAMPARA                                | \$ 5.040   | \$ 6.000   |
| INTERRUPTOR SENCILLO                   | \$ 2.856   | \$ 3.400   |
| CABLE CALIBRE # 12 X Mt                | \$ 630     | \$ 750     |
| LAMPARA FLUORESCENTE COMPLETA          | \$ 33.600  | \$ 40.000  |
| TABLERO DE DISTRIBUCION                | \$ 8.736   | \$ 10.400  |
| TOMACORRIENTE DOBLE                    | \$ 1.596   | \$ 1.900   |
| TUBO PVC DE 1/2" X 3 Mts               | \$ 1.092   | \$ 1.300   |
| CURVA PVC DE 1/2"                      | \$ 210     | \$ 250     |
| CAJILLA REF. 5800                      | \$ 336     | \$ 400     |
| <b>TECHO</b>                           |            |            |
| TEJA PLASTICA MASTER DE 6Mts X 1,10Mts | \$ 134.400 | \$ 160.000 |
| TORNILLO AUTOPERFORANTE                | \$ 546     | \$ 650     |



# Informe GanttProject

Proyecto : Construcción Laboratorio de Materiales

Inicio : 1/01/13

Fin : 23/02/13

Organización : USCO

Página web :

Descripción :

Date : 26-jul-2012 5:43:30

## Lista de tareas

| Nombre  | Inicio   | Fin      | Hito  | % | Recursos | Notas |
|---|----------|----------|-------|---|----------|-------|
| Cerca En Polisombra                               | 1/01/13  | 2/01/13  | false | 0 |          |       |
| Levantamiento de Terreno                          | 2/01/13  | 3/01/13  | false | 0 |          |       |
| Limpieza y descapote a mano                       | 3/01/13  | 4/01/13  | false | 0 |          |       |
| Desalojo Material en Volquetadas                  | 3/01/13  | 4/01/13  | false | 0 |          |       |
| Campamento  | 3/01/13  | 4/01/13  | false | 0 |          |       |
| Localización y replanteo                          | 4/01/13  | 5/01/13  | false | 0 |          |       |
| Excavacion a Mano                                 | 7/01/13  | 9/01/13  | false | 0 |          |       |
| Cuadrilla   |          |          |       |   |          |       |
| Suministro e instalacion de redes sanitarias      | 9/01/13  | 11/01/13 | false | 0 |          |       |
| Tuberias 3" 4" 6" aguas negras                    | 10/01/13 | 12/01/13 | false | 0 |          |       |
| Puntos desagues                                   | 11/01/13 | 12/01/13 | false | 0 |          |       |
| Cajas de Inspeccion y Canales de Aguas LLuvias    | 14/01/13 | 17/01/13 | false | 0 |          |       |
| Instalación de red Hidraulica                     | 17/01/13 | 19/01/13 | false | 0 |          |       |
| Instalación de Tuberias Electricas                | 21/01/13 | 22/01/13 | false | 0 |          |       |
| Cimentación Zapatas, Placas y contrapiso.         | 22/01/13 | 25/01/13 | false | 0 |          |       |
| Instalación de Guaduas Para Fundir sobre colmunas | 25/01/13 | 26/01/13 | false | 0 |          |       |
| Construccion de Columnas y Vigas                  | 28/01/13 | 30/01/13 | false | 0 |          |       |
| Construcción Muro Bahareque Reforzado             | 30/01/13 | 6/02/13  | false | 0 |          |       |
| Pañete Muros y Colmunas                           | 6/02/13  | 8/02/13  | false | 0 |          |       |
| Instalación de Aparatos Sanitarios                | 8/02/13  | 9/02/13  | false | 0 |          |       |
| Instalacion de Marcos Puertas y Ventanas          | 11/02/13 | 12/02/13 | false | 0 |          |       |
| Instalación de Vidrios                            | 11/02/13 | 12/02/13 | false | 0 |          |       |
| Instalación Electrica                             | 11/02/13 | 12/02/13 | false | 0 |          |       |
| Estucar y Pintar                                  | 12/02/13 | 13/02/13 | false | 0 |          |       |
| Bahareque   |          |          |       |   |          |       |
| Aseo  | 13/02/13 | 14/02/13 | false | 0 |          |       |
| Imprevistos                                       | 14/02/13 | 23/02/13 | false | 0 |          |       |

## Lista de recursos

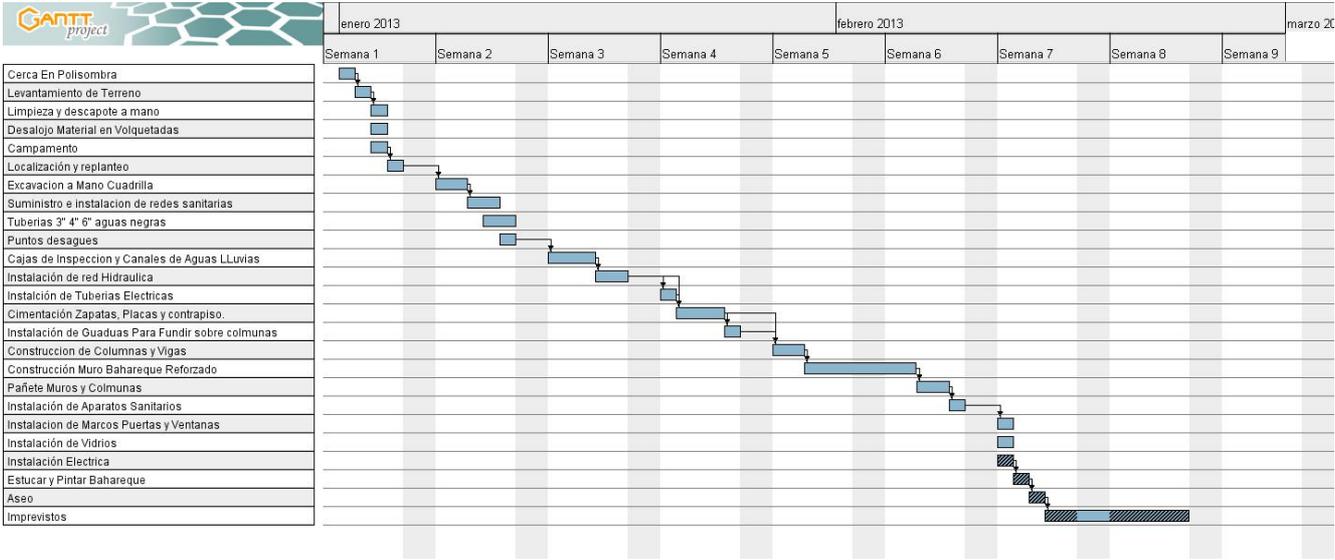
Nombre

Función

E-Mail

Teléfono

# Diagrama de Gantt



# Diagrama de recursos

| enero 2013 |          |          |          | febrero 2013 |          |          |          | marzo 2013 |
|------------|----------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|------------|
| Semana 1   | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 5     | Semana 6 | Semana 7 | Semana 8 | Semana 9   |
|            |          |          |          |              |          |          |          |            |