



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**  
*FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICA*  
**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**MODALIDAD: INVESTIGATIVA**

**TEMA:**

**“Caracterización de las propiedades física y mecánicas con vista al diseño de un prototipo de máquina canteadora y cepilladora de caña guadua (*angustifolia kunth*) en los cantones Olmedo y Santa Ana en la Provincia de Manabí.”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**Previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERO MECÁNICO**

**PROFESIONAL EN FORMACIÓN:**

**MADRID TRIVIÑO ANGEL RONALD**

**TUTOR DE TRABAJO DE TITULACION:**

**ALFREDO ZAMBRANO RODRIGUEZ**  
**INGENIERO MECÁNICO – MAGISTER EN ENERGÍA**

**PORTOVIEJO – MANABÍ – ECUADOR**

**2015**

## **DEDICATORIA**

A dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mis padres por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi tutor Ing. Alfredo Zambrano por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de este trabajo de titulación.

A mi novia Carla Rivadeneira por siempre estar conmigo en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente agradezco a la Universidad Técnica de Manabí por haberme aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

Agradezco también a mi tutor de tesis el ING. ALFREDO ZAMBRANO por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

Mi agradecimiento también a la familia MIELES ROSADO y MACIAS CANTOS por haberme permitido tomar muestra en sus cañaverales para realizar mi investigación.

Y para finalizar, también agradezco a todo los que fueron mis compañeros de clases durante todos los niveles de la universidad ya que gracias al compañerismo, amistad y apoyo moral ha aportado en un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

## **DECLARACIONES SOBRE LOS DERECHOS DEL AUTOR**

LA RESPONSABILIDAD DE LAS IDEAS, INVESTIGACIONES, RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DEL PRESENTE TRABAJO DE TITULACIÓN, ES PRODUCTO DEL ESFUERZO, DEDICACIÓN Y RESPONSABILIDAD EXCLUSIVA DEL AUTOR:

**ELABORADO POR:**

-----  
MADRID TRIVIÑO ANGEL RONALD

## INDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	I
AGRADECIMIENTO .....	II
DECLARACIONES SOBRE LOS DERECHOS DEL AUTOR .....	1
INDICE GENERAL.....	2
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	6
INDICE DE TABLAS .....	9
INDICE DE ANEXOS.....	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	13
CAPÍTULO I.....	15
1. CUERPO DE ACUERDO AL ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....	15
1.1. TEMA:.....	15
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.2.1. PRIORIZACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.2.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	18
1.2.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	18
1.3. ANTECEDENTES .....	19
1.4. JUSTIFICACIÓN .....	21
CAPÍTULO II .....	23
2. MARCO REFERENCIAL.....	23
2.1. CAÑA GUADÚA (ANGUSTIFOLIA KUNTH). .....	23
2.1.1. SU CULTIVO .....	24
2.2. CICLO DE VIDA DE LA GUADÚA .....	26
2.2.1. BROTE.-.....	26
2.2.2. CAÑA TIERNA.-.....	26
2.2.3. MADURACIÓN.- .....	27
2.2.4. VEJEZ O CAÑA SECA.- .....	28
2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CAÑA GUADÚA .....	30
2.4. TECNOLOGÍA DE LA CANTEADORA.....	32
2.5. APLANADO DE CANTOS EN LA MÁQUINA CEPILLADORA.....	35
CAPÍTULO III.....	47
3. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO.....	47
3.1. DISEÑO METODOLÓGICO.....	48
3.1.1. HIPÓTESIS .....	48
3.2. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DE ESTUDIO .....	49

3.2.1. VARIABLE DEPENDIENTE.....	49
3.2.2. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	49
3.3. DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	50
3.4. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	52
3.5. DESARROLLO DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.6. OBJETIVOS .....	55
3.6.1. OBJETIVO GENERAL .....	55
3.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	55
3.7. EJECUCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	56
3.7.1. CARACTERIZACION, PRUEBAS FISICAS Y MECANICAS DE LA CAÑA GUADUA.....	56
3.7.2. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS.....	57
3.7.3. PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECANICOS	58
3.7.4. PRUEBAS FISICAS Y MECANICAS DE LA CAÑA GUADUA.....	58
3.7.4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO .....	59
3.7.5. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CAÑA GUADÚA .....	63
3.7.5.1. TRACCIÓN.....	64
3.7.5.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN.....	69
3.7.5.3. ENSAYO DE FLEXIÓN .....	76
3.7.6. DISEÑO TÉCNICO DE LA MÁQUINA CANTEADORA Y CEPILLADORA DE LA CAÑA GUADUA .....	82
3.7.6.1. FUNCIONES DE LA MÁQUINA.....	87
3.7.6.2. PARAMETROS DE DISEÑO .....	89
3.7.6.3. PARAMETROS FUNDAMENTALES .....	90
3.7.6.4. ESFUERZO DE CORTE .....	92
3.7.6.5. POTENCIA ÚTIL .....	94
3.7.6.6. POTENCIA UTIL DEL MOTOR DE CEPILLADO .....	95
3.7.7. VELOCIDAD ANGULAR DE LOS MOTORES DE CANTEADO, CEPILLADO Y RODILLOS DE AVANCE.....	98
3.7.7.1. POLEAS DE LOS EJES CANTEADORES .....	99
3.7.7.2. POLEAS DE LOS EJES DE ARRASTRE .....	99
3.7.8. CÁLCULOS DEL DIAMETRO DE EJES PARA LAS POLEAS Y MEDIDAS DE CHUMACERAS .....	100
3.7.8.1. DIAMETRO DEL EJE PARA LAS POLEAS DE LOS RODILLOS CEPILLADORES .....	100

3.7.8.2. DIAMETRO DEL EJE PARA LAS POLEAS DE LOS RODILLOS CANTEADORES .....	100
3.7.8.3. DIAMETRO DEL EJE PARA LAS POLEAS DE LOS RODILLOS DE ARRASTRE	101
3.7.8.4. SELECCIÓN DE CHUMACERAS .....	101
3.7.9. CALCULO DE BANDAS.....	101
3.7.9.1. BANDA PARA EL SISTEMA DE CEPILLADO.....	101
3.7.9.2. CALCULO DE LA BANDA QUE CONECTA LOS DOS RODILLOS CEPILLADORES .....	102
3.7.9.3. CALCULO DE LA BANDA QUE CONECTA EL EJE DEL MOTOR CON EL EJE CANTEADOR .....	103
3.7.9.4. CALCULO DE LA BANDA QUE CONECTA EL EJE DEL MOTOR CON EL EJE DEL RODILLO DE ARRASTRE .....	104
3.7.9.5. CALCULO DE LA BANDA QUE CONECTA EL EJE DE LOS RODILLOS DE ARRASTRE.....	105
3.7.10. PERFIL ESTRUCTURAL DE LA MÁQUINA .....	107
3.7.11. ELECCIÓN DEL TIPO DE ACEROS DE LAS CUCHILLAS .....	109
3.8. VALORACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LA MÁQUINA .....	110
3.9. SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	112
3.9.1. MOTORES .....	112
3.9.2. EJES PARA RODILLOS .....	113
3.9.3. TORNILLERÍA.....	114
3.9.4. CONTROLADOR.....	114
3.9.5. BANDAS.....	115
3.9.6. POLEAS .....	115
3.9.7. RODILLOS .....	116
3.10. BENEFICIARIOS.....	117
3.10.1. DIRECTOS .....	117
3.10.2. INDIRECTOS .....	117
3.11. RECURSOS .....	118
3.11.1. HUMANOS .....	118
3.11.2. MATERIALES.....	118
3.11.3. ECONÓMICOS.....	119
3.12. VERIFICACIÓN DE OBJETIVOS .....	120
3.12.1. VERIFICACIÓN DEL OBJETIVO ESPECÍFICO UNO.....	120
3.12.2. VERIFICACIÓN DEL OBJETIVO ESPECÍFICO DOS Y TRES .....	120
3.12.3. VERIFICACIÓN DEL OBJETIVO ESPECÍFICO CUATRO .....	121
3.13. RESULTADOS ESPERADOS .....	122

3.14.	CRONOGRAMA .....	123
3.15.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	124
3.15.1.	CONCLUSIONES .....	124
3.15.2.	RECOMENDACIONES .....	125
3.16.	BIBLIOGRAFÍA .....	126
3.17.	ANEXOS .....	127

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Imagen # 1 CAÑA GUADUA EN ESTADO JUVENIL .....	23
Imagen # 2 CANUTO DE CAÑA GUADÚA .....	24
Imagen # 3 BROTE DE CAÑA GUADUA.....	26
Imagen # 4 CAÑA GUADUA TIERNA .....	27
Imagen # 5 MADURACION DE LA CAÑA GUADUA .....	28
Imagen # 6 CULTIVO DE LA CAÑA GUADÚA EN ESTADO DE VEJEZ.....	29
Imagen # 7 CANTEADO DE UN TABLÓN CON APOYO .....	32
Imagen # 8 APLANADO DEL ÁRBOL PORTACUCHILLAS.....	33
Imagen # 9 EL MOVIMIENTO DE ACEPILLADO A MANO .....	34
Imagen # 10 LAS CUCHILLAS ROTATIVAS DE LA MÁQUINA DE ACEPILLAR LEVANTAN UNA VIRUTA CORTA Y EN FORMA DE ARCO CIRCULAR. ....	34
Imagen # 11 CIRCUNFERENCIA DE VUELO .....	35
Imagen # 12 LAS FIBRAS DE LA MADERA INCLINADAS HAY QUE CORTARLAS VINIENDO DE SU LADO DORSAL.....	36
Imagen # 13 REPARACIÓN DE LA DIFERENCIA EN PIEZAS ALABEADAS....	36
Imagen # 14 APLANADO.....	37
Imagen # 15 COLOCACIÓN DE PIEZAS CORTAS.....	38
Imagen # 16 PARA TABLAS CORTAS SE RECURRE AL AUXILIO DE UNA PIEZA AUXILIAR DE CONDUCCIÓN .....	38
Imagen # 17 LAS SUPERFICIES MUY ANCHAS SE ACEPILLAN ATACANDO POR AMBOS BORDES.....	39
Imagen # 18 CEPILLADORA DE MESA LARGA CON DISPOSITIVOS DE RÁPIDO AJUSTE DE ESPESOR MEDIANTE PEDAL (DERECHA). ....	40
Imagen # 19 RECORTE DE LOS CANTOS.....	41

Imagen # 20 MESA DE SALIDA.....	42
Imagen # 21 VARIAS TABLAS SE PASAN AL MISMO TIEMPO UNAS JUNTO OTRAS. ....	43
Imagen # 22 SEÑALES FUERTEMENTE MARCADAS EN LA TABLILLA .....	44
Imagen # 23 AVANCE CORRECTO DE CUCHILLAS .....	44
Imagen # 24 GOLPES DE CUCHILLAS AUMENTADOS.....	45
Imagen # 25 APLANAR LA MADRA ESTRECHA .....	46
Imagen # 26 PRUEBAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO .....	57
Imagen # 27 DIFERENTES PARTES Y MEDIDAS DE LA CAÑA GUADUA .....	63
Imagen # 28 PREPARACIÓN DE ENSAYO DE TRACCIÓN.....	64
Imagen # 29 MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE TRACCIÓN.....	65
Imagen # 30 REALIZACIÓN DE ENSAYO DE TRACCIÓN.....	66
Imagen # 31PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA ENAYO DE COMPRESIÓN.....	69
Imagen # 32 PREPARACIÓN DE LA CAÑA PARA EL ENSAYO .....	70
Imagen # 33 PROBETAS DE CAÑA PARA EL RESPECTIVO ENSAYO.....	71
Imagen # 34 DATOS PARA DAR INICIO A LA PRUEBA.....	72
Imagen # 35 PREPARACIÓN DE ENSAYOS .....	72
Imagen # 36 PRODUCCIÓN DE LA RUPTURA, LECTURA FINAL .....	73
Imagen # 37 ENSAYO DE FLEXIÓN .....	76
Imagen # 38 MEDICIÓN DE DIÁMETRO .....	77
Imagen # 39 MEDICIÓN DE LONGITUD.....	77
Imagen # 40 INGRESO DE DATOS.....	78
Imagen # 41 APLICACIÓN DE CARGA SOBRE CUBO .....	79
Imagen # 42 TOMAR RESULTADOS .....	79

Imagen # 43 DISEÑO DE LA MAQUINA CANTEADORA Y CEPILLADORA ....	83
Imagen # 44 VISTA LATERAL DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA .....	83
Imagen # 45 VISTA LATERAL DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA .....	84
Imagen # 46 VISTA POSTERIOR DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA .....	84
Imagen # 47 VISTA FRONTAL DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA .....	85
Imagen # 48 VISTA SUPERIOR DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA .....	85
Imagen # 49 VISTA ISOMÉTRICA DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA .....	86
Imagen # 50 VISTA ISOMÉTRICA DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA .....	86
Imagen # 51 PROYECCIÓN DE UBICACIÓN DE RODILLOS .....	87
Imagen # 52 RODILLOS CEPILLADORES .....	88
Imagen # 53 RODILLOS DE CANTEO .....	88
Imagen # 54 RODILLO DE AVANCE .....	89
Imagen # 55 MOTOR 2 HP .....	112
Imagen # 56 MOTOR 1 HP .....	112
Imagen # 57 MOTOR 1/4 HP .....	113
Imagen # 58 EJES PARA RODILLOS.....	113
Imagen # 59 TORNILLERÍA .....	114
Imagen # 60 CONTROLADOR.....	114
Imagen # 61 BANDA DE TRANSMISIÓN .....	115
Imagen # 62 POLEAS DE TRANSMISIÓN.....	115
Imagen # 63 RODILLOS DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA.....	116

## INDICE DE TABLAS

Tabla # 1	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CAÑA GUADUA.....	25
Tabla # 2	EXÁMEN DE SUELO GRANULOMETRÍA .....	59
Tabla # 3	INDICE PLASTICIDAD DE OLMEDO .....	60
Tabla # 4	DETERMINACIÓN LÍMITES DE SUELO .....	61
Tabla # 5	ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE SUELO SANTA ANA .....	62
Tabla # 6	RESULTADO EXAMEN TRACCIÓN CANTÓN SANTA ANA.....	67
Tabla # 7	RESULTADO DE ENSAYO TRACCIÓN CANTÓN OLMEDO .....	68
Tabla # 8	RESULTADOS ENSAYO DE COMPRESIÓN SANTA ANA .....	75
Tabla # 9	RESULTADO ENSAYO FLEXIÓN CANTÓN SANTA ANA.....	80
Tabla # 10	RESULTADO ENSAYO FLEXIÓN CANTÓN OLMEDO.....	81
Tabla # 11	VELOCIDADES DE AVANCE SEGÚN MATERIAL A PROCESAR .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla # 12	NUMERO DE CUCHILLAS CON SU ACABADO SUPERFICIAL.....	91
Tabla # 13	PESO DE LOS DIFERENTES COMPONENTES .....	107

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO # 1 RECONOCIMIENTO DEL ESPACIO DE INVESTIGACIÓN .....	127
ANEXO # 2 RECONOCIMIENTO DEL ESPACIO DE INVESTIGACIÓN .....	127
ANEXO # 3 RECONOCIMIENTO POR PARTE DEL TUTOR .....	128
ANEXO # 4 MEDICIÓN DE PROFUNDIDAD.....	128
ANEXO # 5 PREPARACIÓN DE MUESTRA DEL SUELO .....	129
ANEXO # 6 REALIZACIÓN PRUEBA DE SUELOS.....	129
ANEXO # 7 ANÁLISIS DE SUELO Y PROFUNDIDAD.....	130
ANEXO # 8 TOMA DE MUESTRA DE SUELOS .....	131
ANEXO # 9 PREPARACIÓN MUESTRA PARA ENSAYO .....	132
ANEXO # 10 CORTE DE CAÑA PARA ENSAYO COMPRESIÓN .....	133
ANEXO # 11 DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA.....	134
ANEXO # 12 HOJA DE DATOS DE VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN .....	135
ANEXO # 13 INFORME TÉCNICO DE CALIBRACIÓN.....	136
ANEXO # 14 TABLA PARA SELECCIÓN DE ACERO.....	137
ANEXO # 15 TABLA PARA SELECCIÓN DE ACERO PARA LA MÁQUINA .	138
ANEXO # 16 TABLA PARA SELECCIÓN DEL PERFIL.....	139
ANEXO # 17 DIMENSIONES DEL PERFIL .....	140
ANEXO # 18 CATÁLOGO DE CHUMACERAS ASAHI .....	140
ANEXO # 19 MAPA DE LUGARES DONDE SE INVESTIGÓ .....	141
ANEXO # 20 CERTIFICACIÓN DEL LABORATORIO DE SUELOS .....	142

## **RESUMEN**

Al encontrar una verdadera problemática en la producción de material para construcción de viviendas de bajo costo de interés social en el Ecuador, tiende a ser crítico y a agudizarse. Así, mismo al observar la carencia de planes habitacionales y tiempo de construcción, se ha tomado en cuenta uno de los recursos más básicos, como es la caña guadua, material abundante en el Ecuador y renovable al mismo tiempo, tomando las precauciones del caso tanto por costos como por producción, sustituyendo en gran porcentaje a la madera y otros materiales que se utilizan, sobre todo en construcción de viviendas.

El presente trabajo de titulación cuenta con un estudio profundo de las características de las propiedades físicas y mecánicas de la caña guadua en Manabí, que nos permitirá analizar un diseño de un prototipo de una máquina denominada canteadora y a la vez cepilladora que servirá para arreglar los filos de las tablillas y así poder ensamblar vigas, viguetas y paneles que se emplearan directamente en la construcción de viviendas populares a bajo costo de interés social.

El presente proyecto: "CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICA Y MECÁNICAS CON VISTA AL DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA CANTEADORA Y CEPILLADORA DE CAÑA GUADUA (ANGUSTIFOLIA KUNTH) EN LOS CANTONES DE OLMEDO Y SANTA ANA EN LA PROVINCIA DE MANABÍ.", para llevar a efecto este proyecto, tenemos que recolectar en los diferentes cantones antes mencionados, los datos de las muestras que se tienen que llevar al laboratorio para realizar los diferentes ensayos de comprensión, flexión y tracción.

Para esto, se utilizaron criterios funcionales que permitieron darle flexibilidad al presente proyecto, y optimizar el proceso de diseño de acuerdo a normas Internacionales que rigen la construcción de este tipo de máquinas de tecnología recomendada respecto a la producción de la caña guadua.

La caña guadua es un recurso natural, e inclusive uno de los más importantes del Ecuador, a través de los años ha representado usos extendidos e innumerables métodos de aplicación en la vida de los ecuatorianos, en donde ha contribuido de manera sustancial hasta convertirse en beneficio social y económico para diversos sectores rurales de países de América Latina.

Las condiciones de diseño del prototipo de una máquina canteadora y cepilladora, aplicarán conceptos de Ingeniería e ideas, adquiridos a través de años de estudios, y denotarán el proceso de aprendizaje en diseño de máquinas alcanzado por los egresados de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Universidad Técnica de Manabí.

## **ABSTRACT**

Finding a real problem in the production of material for building low-cost housing social interest in Ecuador, it tends to be critical and to become more acute. Thus, even when observing the lack of housing plans and construction time, is taken into account one of the most basic resources, such as the bamboo cane, abundant material in Ecuador and renewable at the same time taking the necessary precautions both by costs such as production, replacing large percentage wood and other materials used, particularly in housing construction.

This work degree has a deep study of the characteristics of the physical and mechanical properties of the bamboo cane in Manabí properties, which enable us to analyze a design of a prototype of a machine called edger and simultaneously planer will serve to fix the edges tablets so they can assemble beams, joists and panels that will be used directly in the construction of affordable housing popular social interest.

This project characterization **PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES VIEW DESIGN EDGE BANDING MACHINE PROTOTYPE AND BAMBOO CANE planer (KUNTH ANGUSTIFOLIA) in the cantons of OLMEDO AND SANTA ANA IN THE PROVINCE OF MANABÍ.**”, to carry Indeed this project, we need to collect in different cantons above, the data of the samples must be carried to the laboratory for various tests of compression, bending and traction.

For this, functional criteria that allowed him flexibility in this project, and optimize the design process according to international standards governing the construction of this type of machines recommended regarding the production of bamboo cane used technology.

The guadua cane is a natural resource, and even one of the most important of Ecuador, through the years has shown widespread uses and innumerable application methods in the life of Ecuadorians, where he has contributed substantially to become profit social and economical for many rural areas of Latin America.

The design conditions prototype of an edger and planer, apply engineering concepts and ideas, acquired through years of studies, and denote the learning process in machine design achieved by graduates of the School of Mechanical Engineering Chemistry Faculty of Mathematics, Physics and Technical University of Manabí.

# **CAPÍTULO I**

## **1. CUERPO DE ACUERDO AL ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1.TEMA:**

“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICA Y MECÁNICAS CON VISTA AL DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA CANTEADORA Y CEPILLADORA DE CAÑA GUADUA (ANGUSTIFOLIA KUNTH) EN LOS CANTONES OLMEDO Y SANTA ANA EN LA PROVINCIA DE MANABÍ.”

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la provincia de Manabí, la caña guadua tiene bastante apogeo, y en muchas industrias madereras, no cuentan con máquinas que faciliten el trabajo del ser humano o que permita mejorar la producción y la seguridad industrial al momento de la protección y manipulación, es por esto que como estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, y pensando en innovación tecnológica, se idealizó el estudio de las propiedades de la caña guadua y con ello el diseño para un prototipo de máquina que será útil para la producción de materia prima en este caso la caña guadua:

- En Olmedo, en Santa Ana, y sobre todo en sus zonas rurales, hay una alta demanda de caña guadua para diferentes aplicaciones en general, pero todo el trabajo se lo realiza de forma artesanal, no se proporciona la manejabilidad del material con un correcto proceso tecnológico de producción y de seguridad, al implementar un equipo para la producción del mismo se disminuirían los riesgos de accidente en este tipo de trabajo.
- Al observar recursos renovables, que no se utilizan de manera eficiente por parte de los habitantes de algunas regiones, hay que aplicar conceptos que permitan crear un ambiente de confianza, armonía y manejo eficiente de la caña guadua que permitan mejorar los aspectos sociales de esta región de la provincia de Manabí, y así lograr la fabricación de vigas y paneles que servirán para la construcción de casa y hogares a bajos costos, atrayendo el interés y creatividad de los manabitas, mejorando su autoestima, confort, manteniendo su cultura y el medio de sus hogares de residencia, evitando así que los habitantes de la zona rural de éstas regiones abandonen su lugar natal y no se conviertan en nuevos problemas sociales en las zonas urbanas de ésta Provincia.

### **1.2.1. PRIORIZACIÓN DEL PROBLEMA**

Las razones de consignar el presente trabajo de titulación, se dan al observar la falencia de avance y aplicación tecnológica que existe en los cantones Olmedo y Santa Ana para la producción de latillas y tablas, que luego serán convertidas en vigas y paneles, a partir del cilindro que conforma la caña guadua (*angustifolia kunth*), el propósito del presente proyecto es mejorar la producción, calidad, seguridad y estética de los diferentes productos que se elaboran a partir de este material con los diferentes procesos que se utilizarán en su producción industrial.

Es por esto, que es necesario un profundo estudio, y análisis sobre la caracterización de la caña guadua, de lo cual se propone como el siguiente tema de investigación: **“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICA Y MECÁNICAS CON VISTA AL DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA CANTEADORA Y CEPILLADORA DE CAÑA GUADUA (*ANGUSTIFOLIA KUNTH*) EN LOS CANTONES OLMEDO Y SANTA ANA EN LA PROVINCIA DE MANABÍ.”**, que permitirá fortalecer los aspectos: científicos, tecnológicos, social y económico del sector productivo de esta región de la provincia de Manabí.

## **PROBLEMA**

Las características de las propiedades tanto físicas como mecánicas, de la caña guadua (*angustifolia* Kunth) de la zona, se obtendrán datos que permitirán el diseño de un prototipo de una máquina canteadora y cepilladora, para que ésta sea utilizada de forma eficiente y que permita que las regiones de ésta provincia mejoren tanto en el aspecto social, económico y que también tengan la oportunidad de generar puestos de trabajo y convertir estas zonas rurales en nuevos polos de desarrollar.

### **1.2.2. DELIMITACIÓN ESPACIAL.**

La investigación se realizó en los cantones de Olmedo y Santa Ana.

### **1.2.3. DELIMITACIÓN TEMPORAL.**

Se determinó la ejecución del presente trabajo de titulación entre los meses de Octubre del 2015 y Marzo del 2016.

### **1.3.ANTECEDENTES**

En el Ecuador no hay empresas de gran producción de laminados con procesos industriales de caña gradúa, y generalmente su tradición y producción es artesanal; la producción de material para la construcción de casas es limitado en nuestra región y su uso considerado de este material. Se lo realiza de forma limitada y sin condiciones técnicas, tecnológicas de calidad lo que restan competitividad en el mercado de construcción de viviendas de bajo costo de interés social.

En nuestro país, existen diferentes estratos sociales con variación en sus niveles económicos, y en diferentes circunstancias existe una gran demanda de vivienda, solo en la provincia de Manabí existe un déficit de unas 70.000 viviendas, se tiene que optar por soluciones que prevalezcan como: cumplir las necesidades socioeconómicas de las clases menos privilegiadas; la principal solución sería reducir los costos de las mismas, ya que debido a los elevados precios de las tierras y viviendas, este material llamado caña guadua (*angustifolia kunth*) prevalecería como materia prima para satisfacer las necesidades de producir viviendas a bajo costo y acceso para una gran mayoría de familias de bajos recursos.

A nivel nacional, tenemos un déficit de 1'200.000 viviendas y en la provincia de Manabí tenemos un déficit aproximado de unas 70.000 viviendas en zonas urbanas y rurales.

Dentro del análisis de estos parámetros que entrega el Instituto Ecuatoriano de Censo y Vivienda del año 2010, tenemos que desarrollar nuevas expectativas que mejoren la producción, utilización, aplicación de la caña guadua (*angustifolia kunth*) como material de construcción ya sea como vigas, viguetas y paneles aplicables a viviendas de bajo costo brindando bienestar y confort a las personas a familias de escasos recursos económicos, para ello es necesario diseñar ciertos prototipos de máquinas como la que propone este proyecto.

Al analizar el uso que se le da a la caña guadua con respecto a la construcción nos da la oportunidad de innovar y procrear un nuevo estilo de vida, mejorando la materia prima que se utiliza en la construcción de viviendas populares.

Respecto a lo económico se puede mencionar las propiedades y cualidades que tiene la caña guadua, ya que al usar este material se disminuye el uso de otros materiales como hierro, cemento, ladrillos, entre otros, se deja de importar materiales ahorrando divisas para el mejor desempeño económico en la región y el país.

En el Ecuador, la caña guadua crece en todas las provincias de las costas y en algunas provincias de la sierra como Pichincha, Bolívar Chimborazo, Cañar entre otros.

Anteriormente sus únicos beneficiarios eran las comunidades campesinas e indígenas que usaban la guadua en su artesanía y/o para construir sus viviendas de forma rústica.

Sus múltiples usos se han extendido hasta nuestra época, y es un excelente recurso natural que puede contribuir sustancialmente a beneficiar económicamente a los sectores rurales de los países de América Latina.

## 1.4.JUSTIFICACIÓN

En Manabí hay máquinas cortadoras y cepilladora en escasos talleres, la caña guadua generalmente se la trabaja de forma artesanal, pero no representan seguridad, precisión, costos ni tiempo de entrega.

A pesar de esto se podría decir que solamente estos aspectos no serían los únicos factores, ya que las maquinarias que se usan por falta de sistemas de seguridad, han llegado a costar accidentes o mutilaciones y demás lesiones al ser humano que maneje los mismos.

El presente trabajo de titulación se realiza en base a las necesidades que tienen las zonas urbanas y rurales de Manabí con un gran déficit de construcción de viviendas en los sectores sociales más vulnerables de bajos ingresos económicos dentro de la provincia, este material aporta sus bondades, para que se puedan construir viviendas dignas y de bajo costo.

Para ello se deben diseñar y construir máquinas con el único objetivo de mejorar la calidad, producción, aplicación de la materia prima caña guadua (*angustifolia kunth*) en vigas, viguetas y paneles, que serán convertidos en viviendas; para ello la manipulación en el corte, manejo, transporte de la materia prima debe realizarse de forma programada, homogénea y sistemática de tal forma que no se afecte a los guaduales, sino más bien que permita que más sitios se vayan incluyendo en el sistema productivo de la caña guadua para manejar de forma amigable el medio, sin crear un mayor impacto en el medio ambiente del Ecuador.

Se debe proponer el diseño de esta máquina, el nuevo “acero vegetal” como es la caña guadua, y así poder adquirir alternativas que abaraten costos de producción ofreciendo nuevos procesos productivos, dar mayor seguridad, crear nuevos sistemas en edificaciones de casas, departamentos, cabañas, etc. Sabiendo de antemano que el manejo sostenido y homogéneo de los guaduales, donde el habitante de los guaduales aplique su mano de obra y habilidades, sin que esta nueva empresa no afecte al medio y genere puestos de trabajo

mejorando social y económicamente la región donde se instaló la industria de vigas, viguetas y paneles de caña guadua.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO REFERENCIAL

#### 2.1. CAÑA GUADUA (ANGUSTIFOLIA KUNTH).

Desde principios de la existencia humana, la caña ha sido usada para todo tipo de actividades. Comenzando por la caza y la pesca, los instrumentos musicales y así cualquier tipo primordial de utilidad que se le diera, desde arte hasta jardinería.

Imagen # 1 CAÑA GUADUA (ANGUSTIFOLIA KUNTH) EN ESTADO JUVENIL



La caña guadua es una planta perenne con alto rendimiento por hectárea, con madera de alta calidad, fácil de trabajar por su flexibilidad, resistencia, durabilidad y funcionalidad, apreciada por su longitud y presentación; tiene un vasto uso en construcciones, sea como columnas, estructuras, bahareque y acabados de exteriores e interiores de viviendas incluyendo el parquet y tableros; además, andamios para encofrado, losetas, muebles rústicos, envases, marcos, esterillas y artesanías.<sup>1</sup>

---

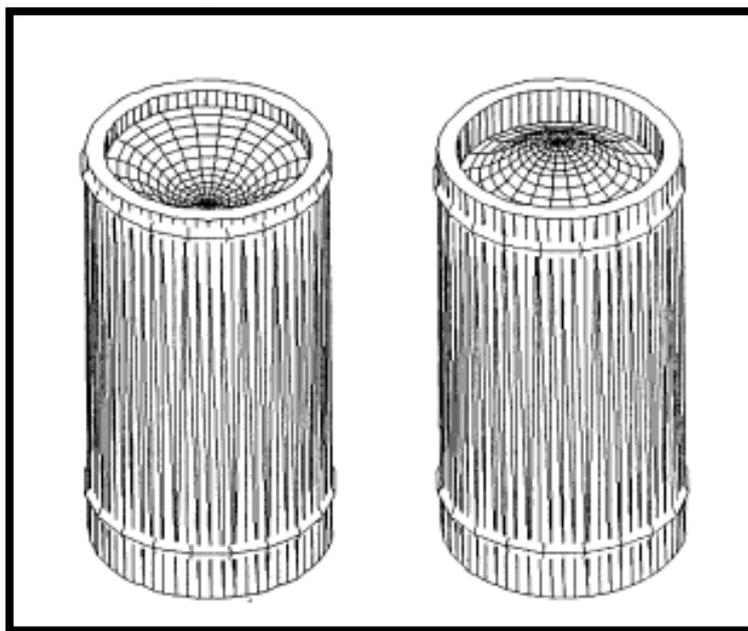
<sup>1</sup> Canelos-Hidrovo: “El Acero Vegetal”. Una Alternativa Para La Construcción Y La Promoción Turística Del Ecuador

### 2.1.1. SU CULTIVO

Tiene un amplio rango altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 2.100 mts. Alcanzando su mejor desarrollo en altitudes que no sobrepasan los 1.800 m.s.n.m. Requiere de una buena distribución de la precipitación pluviométrica durante todo el año.<sup>2</sup>

Según estudios botánicos el género bambú, determina aproximadamente 1200 especies, y es importante para poder enmarcar este trabajo que la especie encontrada en nuestro país, Ecuador, sobre todo en el Litoral es la Guadua, que principalmente se llamó "Guadua", y ha llegado a recibir variados nombres, según la región en donde se encuentre: Colombia, Venezuela y Ecuador se denomina "Guadua", en el amazonas "Varipa"; "Tacuaca" es su nombre en Argentina; en Brasil "Taboca" y en Chile "Quile"

Imagen # 2 CANUTO DE CAÑA GUADÚA



Es uno de los recursos naturales más importantes que tiene el Ecuador. Su uso se remonta a épocas precolombinas; ha sido y es utilizado en construcciones campesinas, en artefactos para la pesca, la caza, en corrales, en agricultura, para la recreación y mil usos más. Los asentamientos humanos informales llamados "invasiones", que se levantan junto a

---

<sup>2</sup> Eduardo Torres, Edición 2015

grandes y pequeñas ciudades de la costa, también la utilizan y quizá por ello es considerada impropia como "material para casa de los pobres". Sin embargo, también se utiliza en casas de lujo, turísticas y es auxiliar en la construcción moderna, donde se la usa en andamios o como soporte de encofrados.<sup>3</sup>

El Bambú producido en el Ecuador, además de contar con el mantenimiento y el control que se necesita para su respectivo crecimiento, ya que es uno de los materiales más resistentes, flexibles, durables, y que al juntar sus condiciones climáticas relacionadas con nuestro país se puede obtener menor tiempo de la edad de corte apropiada.

**Tabla # 1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CAÑA GUADUA**

Características	Descripción
Color	Tallo amarillo combinado con rayas verticales color verde
Tamaño	Altura promedio de 20-30 metros
Diámetro	20-22 cm
Presentación	En forma natural, caña picada o latillas

**Fuente: CORPEI/Estudio de Bambú CBI**

En el país, la caña guadua tradicionalmente se usa en construcción de viviendas, fachadas, lugares turísticos o algún sitio en general, incluyendo varias alternativas como puntales, cujes para bananeras, utensilios domésticos, artesanías, embalaje, utilitarios de oficina, fines industriales, papel, tableros prensados, muebles, herramientas de uso, decoración de interiores, pisos, puertas, y demás.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> “Producción De Caña Guadua Para Suplir Demanda De Fundación Hogar De Cristo”; Ec. Eduardo Ortega; Guayaquil (2003)

<sup>4</sup> “Producción De Caña Guadua Para Suplir Demanda De Fundación Hogar De Cristo”; Ec. Eduardo Ortega; Guayaquil (2003)

## **2.2. CICLO DE VIDA DE LA GUADUA**

### **2.2.1. BROTE.-**

Empezando desde que es “cogollo” o también llamado “espolón”, hasta el momento que alcanza su máxima altura, recurre un tiempo aproximado de 6 meses. Una vez pasado este tiempo, comienza simultáneamente a brotar las hojas caulinares que dan salida a las ramas y empezar un estado de desarrollo diferente.

**Imagen # 3 BROTE DE CAÑA GUADUA**



### **2.2.2. CAÑA TIERNA.-**

Una vez que llegan a esta etapa, la principal característica es su color verde intenso y lustroso, donde al finalizar el brote ya cuenta con ramas, llega a conservar algunas de sus hojas caulinares en su parte baja, y se llega a apreciar las bandas claras en sus nudos. La duración de esta etapa varía entre uno o dos años.

Imagen # 4 CAÑA GUADUA TIERNA



### 2.2.3. MADURACIÓN.-

Cuando el tallo llega a presentar pequeñas manchas blanquecinas en su corteza, se puede decir que empieza la maduración. En los nudos se observa líquenes oscuros y la guadua va cambiando su color progresivamente a verde oscuro; con una duración de 2 a 4 años, siendo ésta la época a considerarse aprovechable, por la resistencia que llega a obtener.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Tandazo Regalado, Jorge Enrique. Flores Díaz, Gustavo David (2012). Proceso De Industrialización De La Caña Guadua Como Material Alternativo Para La Construcción Y Diseño De Vivienda Tipo De Una Y Dos Plantas, Empleando Caña Guadua En Sus Elementos Estructurales. Carrera De Ingeniería Civil. Espe. Sede Sangolquí.

**Imagen # 5 MADURACION DE LA CAÑA GUADUA**



#### **2.2.4. VEJEZ O CAÑA SECA.-**

Una vez llegado a esta etapa, el tallo se recubre totalmente de líquenes y de hongos, demarcando un tono blanquecino, teniendo una duración de un año o más, perdiendo además las propiedades físicas y mecánicas.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Tandazo Regalado, Jorge Enrique. Flores Díaz, Gustavo David (2012). Proceso De Industrialización De La Caña Guadua Como Material Alternativo Para La Construcción Y Diseño De Vivienda Tipo De Una Y Dos Plantas, Empleando Caña Guadua En Sus Elementos Estructurales. Carrera De Ingeniería Civil. ESPE. Sede Sangolquí.

**Imagen # 6 CULTIVO DE LA CAÑA GUADÚA EN ESTADO DE VEJEZ**



### **2.3. CARACTERÍSTICAS DE LA CAÑA GUADUA**

- Nombre científico: *Guadua angustifolia* Kunth.
- Nombre vulgar: caña brava (con espinas) o caña mansa (sin espinas)
- Crece desde 0 m.s.n.m. hasta 2600 m.s.n.m., en temperaturas variables entre los 16 y 36 grados centígrados; soporta alta humedad ambiental.
- Formas: Guadua Castilla, Macana y Cebolla
- Variedades: Guadua Bicolor Verde rayada y amarilla; Guadua Negra.
- Guadua Castilla: Diámetros Grandes: 180 mm – 350 mm; se desarrolla en suelos húmedos ricos en nutrientes.
- Guadua Macana: Diámetros Pequeños: 70 mm – 150 mm; espesor de 12mm, se desarrolla en suelos con pocos nutrientes con humedad baja y con pendientes pronunciadas.
- Guadua Cebolla: diámetros pequeños y uniformes: 100 mm; espesor de 10mm, se desarrolla en suelos ricos en nutrientes con alta humedad y pendientes bajas.
- Prefiere su crecimiento en suelos francos con pH neutros o que sean ligeramente ácidos.
- En general la guadua es cilíndrica hueca, con entrenudos que en la base son cortos y a medida que crece se van alargando. En cada nudo existe una doble raya blanca que sirve para identificar a las guaduas de otro tipo de bambú.
- Sus raíces son Paqui morfas con la presencia de yemas, las mismas que una vez que la planta alcanza su longitud total se activan y dan origen nuevos brotes o plántulas.
- La guadua es un importante fijador de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), su madera no libera a la atmósfera el gas retenido después de ser transformada en elemento o ser usada en construcción, sino que éste queda fijo en las obras realizadas con ella.
- Es el vegetal de más rápido crecimiento en el mundo. Llegando en una etapa a crecer hasta 20 cm diarios. Produce más biomasa que cualquier madera tropical, y de mejor calidad, en condiciones ideales se podría llegar a 50 Tn/ha/año.
- En cuatro años puede ser cosechada. Se siembra una sola vez, y produce brotes indefinidamente, mejorando su calidad con el tiempo.
- Gracias a imágenes satelitales se sabe que una de las especies de guadua de la Amazonía es el organismo viviente más grande del mundo, por su inmenso sistema de raíces subterráneas.
- Retiene más humedad que cualquier vegetal; en épocas húmedas almacena agua dentro de los canutos. Esta absorción también controla las inundaciones, y en época seca dosifica el agua a las raíces reteniendo la humedad en los suelos.

- A estas características se suma que la *Guadua Angustifolia* posee propiedades estructurales sobresalientes, que no sólo superan a las de la mayoría de las maderas sino que además pueden ser comparadas con las del acero y algunas fibras de alta tecnología.

- Según estudios realizados por Gnanaharan (12) y su grupo de investigación:

El Módulo de Ruptura (MOR) de un segmento largo varía de 54.5 a 81.7 N/mm<sup>2</sup> y el módulo de elasticidad (MOE) varía de 13.793 a 23.006 N/mm<sup>2</sup>.

Cuando la fuerza se aplica en el nudo los MOE y de MOR son más altos que cuando se aplican en el entrenudo.

El alto porcentaje de fibras longitudinales son las que aportan una mayor resistencia a la tracción; en el caso de la caña guadua, ésta es mayor que la de la madera mientras que a la compresión perpendicular la fibra es muy pobre por carecer de fibras radiales o ser hueco.

- La enorme capacidad de la guadua para soportar alto esfuerzo de compresión, flexión y tracción, así como, otras cualidades físicas, la hacen óptima para reemplazar estructuras de metal y de maderas en vías de extinción.

- La caña guadua se usará a partir del cuarto año de madurez ya que se dice que está lista para su uso en la construcción.

- En cada nudo existe un tabique o septo transversal que, a la vez que le da mayor rigidez y elasticidad, evita su ruptura al curvarse. Por eso es apropiada para estructuras antisísmicas

- Los entrenudos se aplastan ante fuertes compresiones puntales, por lo que las compresiones no deben ejercerse en el entrenudo sin antes haber rellenado dicho entrenudo con un cilindro de madera; con un trozo de guadua de menor diámetro o con una mezcla licuada de cemento, arena y agua.<sup>7</sup>

---

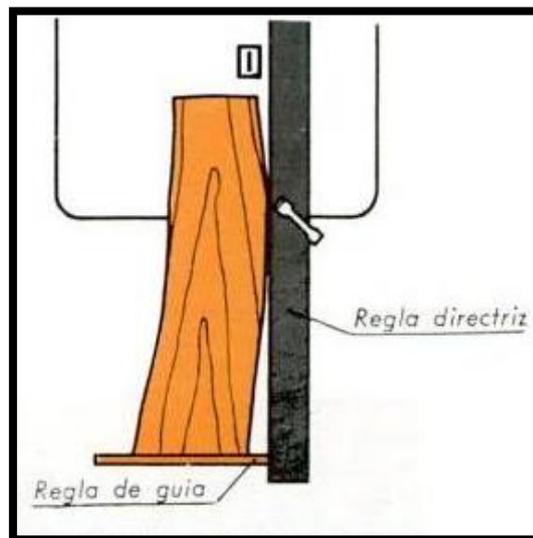
<sup>7</sup> Londoño X, Camayo Gc, Riaño Nm, López Y. Caracterización Anatómica Del Culmo De *Guadua Angustifolia* Kunth (Poaceae: Bambusoideae).

## 2.4. TECNOLOGÍA DE LA CANTEADORA

Para el análisis de la presente máquina “canteadora” es necesario comprender los siguientes términos, canteado y aplanado, debido a que el presente texto es lo que se toma como referencia para el análisis de esta herramienta muy útil en las carpinterías tanto como en pequeña y gran escala, también mencionando los diferentes nombres que se le puede otorgar debido a la gran variación del idioma español, ya que los siguientes nombres se utilizaran como sinónimos para esta máquina, los cuales son: “canteadora”, “cepilladora”, “acepilladora”, “aplanadora” o “regruesadora”, este último no se encuentra tan especificado para esta máquina ya que su función específica es diferente a una canteadora convencional, pero el principio de funcionamiento es el mismo.

Se llama "cantear" la operación de labrar los cantos o bordes de una pieza de madera. Muchas veces se realiza este trabajo en las serrerías después del despiezo de los rollos. En casi todos los talleres de carpintería se emplea, sin embargo, material sin cantear. Este material después de tronzado se empieza por cantearlo.<sup>8</sup>

Imagen # 7 CANTEADO DE UN TABLÓN CON APOYO DE REGLA DIRECTRIZ Y REGLA GUÍA

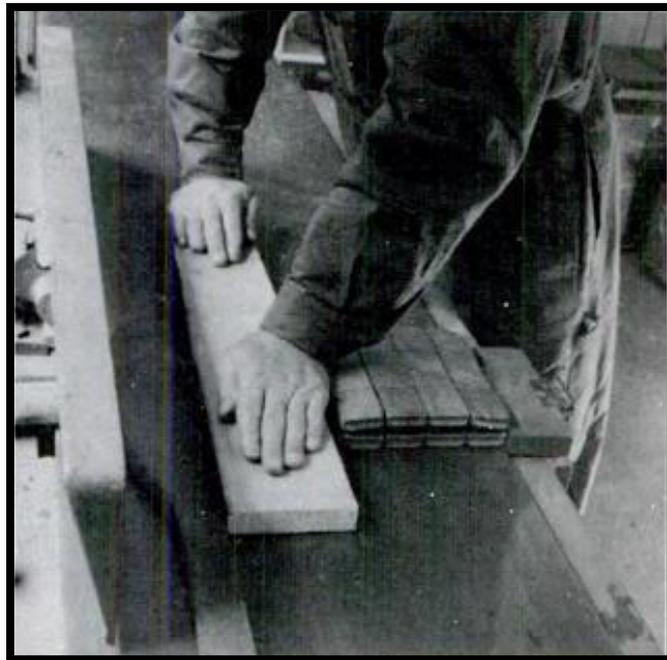


<sup>8</sup> Peláez Castillo; “Desarrollo De Una Metodología Para Mejorar La Productividad Del Proceso De Fabricación De Puertas De Madera”; Guayaquil (2009)

El corte de los cantos en planchas de los tablones o tablillas de caña guadua puede también llamarse cantar las planchas o chapas correspondientes.

Se llama “aplanar”, la operación de cepillar una superficie con objeto de hacer que resulte completamente plana. Se pretende con esta operación que la superficie sea recia en la dirección longitudinal y en la transversal y que diagonalmente no presente retorcimiento o torsión alguna, es decir, expresado en términos científicos, que no esté “alabeada”.

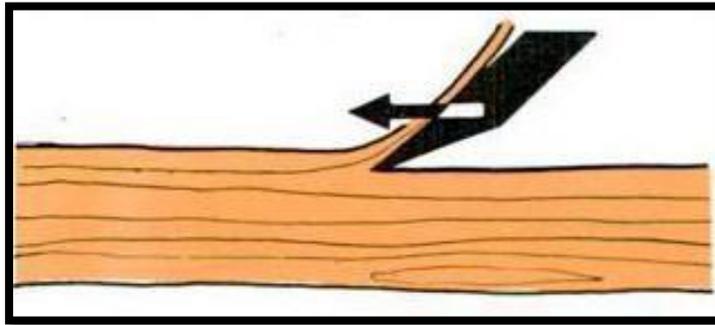
**Imagen # 8 APLANADO DEL ÁRBOL PORTACUCHILLAS PERMANECE CUBIERTO EN LA PARTE NO UTILIZADA**



Mientras que en el cepillado a mano el filo de la cuchilla del cepillo levanta, en virtud del movimiento de avance, una larga viruta paralela a las fibras de la tablilla, la máquina de cepillar trabaja con cuchillas rotativas que levantan una viruta corta y en arco de círculo en ángulo agudo respecto a las fibras de la madera. La madera bruta, desde la parte delantera de la mesa que le presta un apoyo firme, se acerca a las cuchillas, que van arrancando todo lo que se pone al alcance del arco que describen (arco de vuelo). Cuando la pieza cepillada llega a la parte posterior de la mesa encuentra en día nuevamente un apoyo firme.

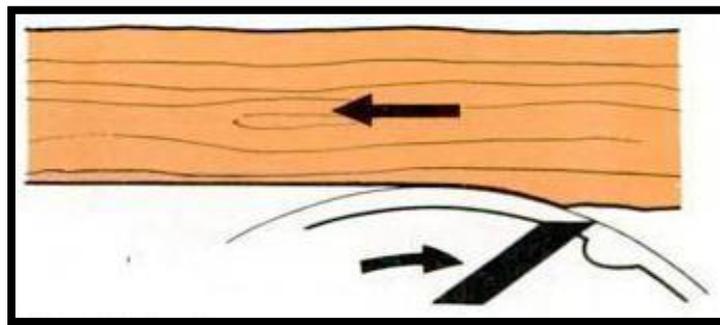
Si al seguir avanzando la pieza acepillada se mantiene pegada a la superficie posterior de la mesa, la parte siguiente de la pieza tendrá que resultar recta en las tres direcciones (longitudinal, transversal y diagonal).

**Imagen # 9 EL MOVIMIENTO DE ACEPILLADO A MANO LEVANTA LA VIRUTA.**



Este resultado no se obtiene generalmente con una sola pasada. La superficie que se trata de planear no tendrá tampoco que ser completamente brillante. Pueden quedar también pequeñas señales del aserrado y zonas cóncavas; todo ello se suprime en el siguiente “acepillado a grueso”.<sup>9</sup>

**Imagen # 10 LAS CUCHILLAS ROTATIVAS DE LA MÁQUINA DE ACEPILLAR LEVANTAN UNA VIRUTA CORTA Y EN FORMA DE ARCO CIRCULAR.**



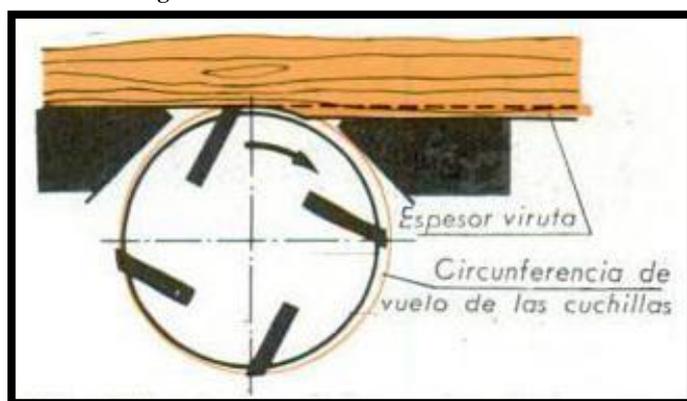
---

<sup>9</sup> Heinrich Höner; Alrededor Del Trabajo De La Madera; Editorial Reverte.

## 2.5. APLANADO DE CANTOS EN LA MÁQUINA CEPILLADORA

Antes de cada utilización hay que comprobar la posición de la mesa. La parte posterior de la mesa (detrás del árbol porta cuchillas). O mejor dicho, la mesa de salida o la mesa de aplanar, tiene que estar exactamente enrasada con la arista superior de la superficie cilíndrica engendrada por la rotación de los filos de las cuchillas (circunferencias de vuelo de las cuchillas); la parte delantera de la mesa, mejor llamada mesa de colocación y también mesa de alimentación, está más baja que la otra siendo la diferencia de nivel igual al espesor de la viruta.

Imagen # 11 CIRCUNFERENCIA DE VUELO

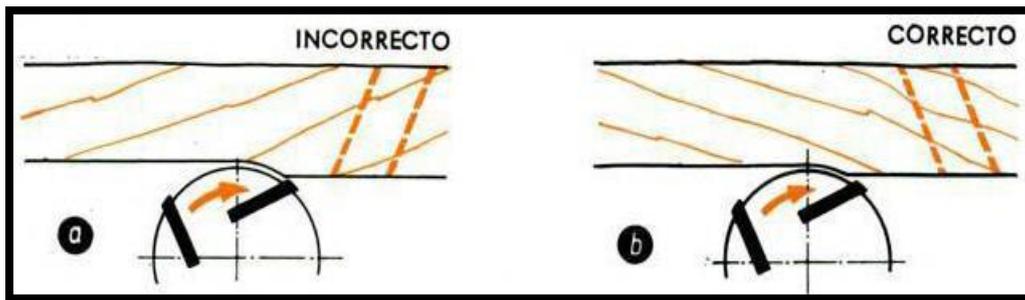


La superficie superior de la mesa de salida y la arista superior del cilindro descrito por los filos de las cuchillas están exactamente enrasadas (son tangentes), mientras que la mesa de colocación está más baja en una magnitud igual al espesor de viga.

La parte hueca o cóncava de las tablas y tablones se pone hacia abajo con lo que se consigue una mejor adaptación sobre la mesa. En tablillas con fibras oblicuas y nudos habrá que cortar éstos por el dorso en el mismo sentido que las fibras y no cogiéndolos de punta, contra las fibras, pues procediendo de otro modo se produciría un violento arranque de las fibras y de los nudos.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Heinrich Höner; Alrededor Del Trabajo De La Madera; Editorial Reverte.

**Imagen # 12 LAS FIBRAS DE LA MADERA INCLINADAS HAY QUE CORTARLAS VINIENDO DE SU LADO DORSAL.**



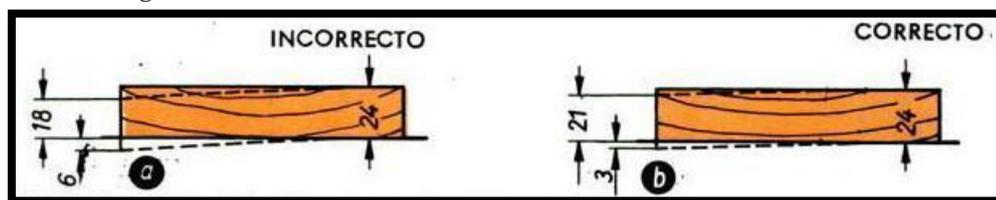
Cuando se coloca la pieza sobre la placa de la mesa se observa ejerciendo una presión variable sobre los bordes exteriores, si la pieza está alabeada.

Si efectivamente lo está, habrá que repartir la diferencia sobre ambos extremos, es decir, se tendrá que mantener la pieza de tal modo que en cada extremo se acepille la mitad de la diferencia.

Si no se atendiera a esto y al iniciar el corte se va a toda anchura, habría que acepillar todo el alabeamiento en el extremo de salida.

Aclarémoslo con números:

**Imagen # 13 REPARACIÓN DE LA DIFERENCIA EN PIEZAS ALABEADAS.**



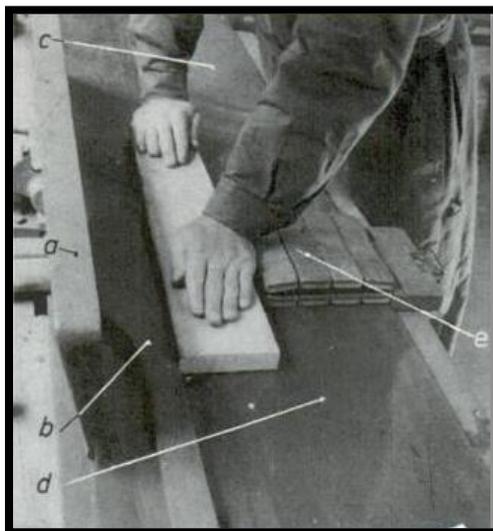
Una tablilla de 24 mm de espesor bruto tiene un alabeamiento de 6 mm.<sup>11</sup>

Este alabamiento, repartido en ambos extremos, supondría una disminución de espesor de 3 mm con lo que el espesor final sería de 21 mm, mientras que operando del otro modo este valor sería de 18 mm.

Después de estas verificaciones que han de repetirse para cada pieza —después de alguna práctica esto se hace con suma facilidad— se empuja la pieza con ambas manos contra el árbol porta cuchillas.

<sup>11</sup> Heinrich Höner; Alrededor Del Trabajo De La Madera; Editorial Reverte.

Imagen # 14 APLANADO



Aplanado: el árbol porta cuchillas está cubierto hasta la anchura de trabajo; posición correcta de trabajo. a) Tope; b) Listón de la guía; c) Mesa de colocación; d) Mesa de salida; e) Cobertura articulada.<sup>12</sup>

La mano izquierda se coloca plana sobre el extremo delantero apretando con ella la pieza contra la mesa; los dedos han de mantenerse cerrados; la mano derecha se pone detrás y en el caso de piezas cortas y gruesas incluso también con el pulpejo colocado en la arista superior de la testa trasera, y se empuja hacia adelante. Cuando se trata de piezas estrechas para bastidores, por ejemplo, el pulgar y el dedo meñique se colocan sobre la arista longitudinal, pero dejando entonces suficiente distancia al plano de la mesa ya que en éste es donde trabajan las cuchillas. Los nudos grandes o los que están sueltos no deben retirarse con las manos, pues saltan fácilmente y han dado lugar muchas veces a serias lesiones. Cada pieza hay que agarrarla, si ello es posible, de tal modo que después de colocada no haya necesidad de cambiar su modo de sujetarla.

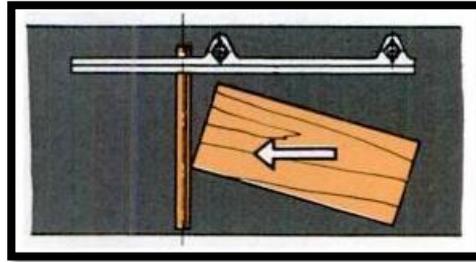
Cuando se trata de piezas cortas esto es siempre posible y es lo más seguro, pero en las largas, estrechas o delgadas la cosa no es así. Cuando se llegue con el extremo anterior de

---

<sup>12</sup> Heinrich Höner; Alrededor Del Trabajo De La Madera; Editorial Reverte.

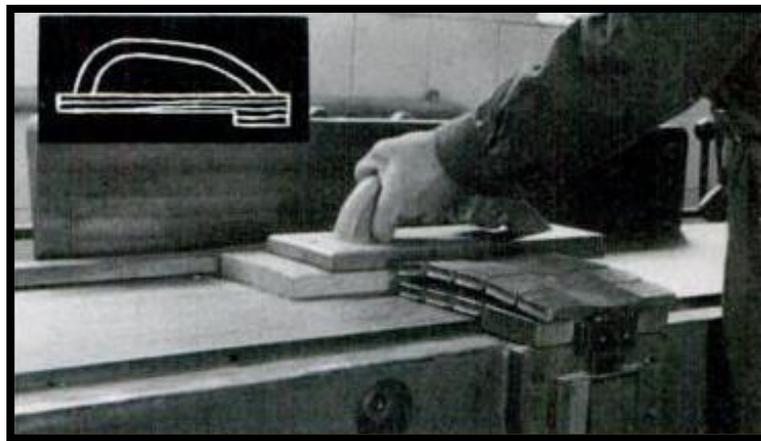
la pieza a un par de palmos sobre la mesa de salida, se detiene el avance, se sujeta la pieza con la mano derecha mientras que la izquierda vuelve nuevamente a disponerse detrás del árbol porta cuchillas y se inicia otra vez el empuje hacia adelante. La presión que se ejerza ahora con la mano izquierda será mayor, porque la mesa de salida suministrará a la superficie acepillada apoyo y dirección.

**Imagen # 15 COLOCACIÓN DE PIEZAS CORTAS.**



Las piezas cortas, anchas y duras se aplican a la máquina por un ángulo. De ese modo, las cuchillas inician y terminan el corte más fácilmente. Las piezas muy cortas no deben cepillarse sino con ayuda de una pieza auxiliar de conducción.

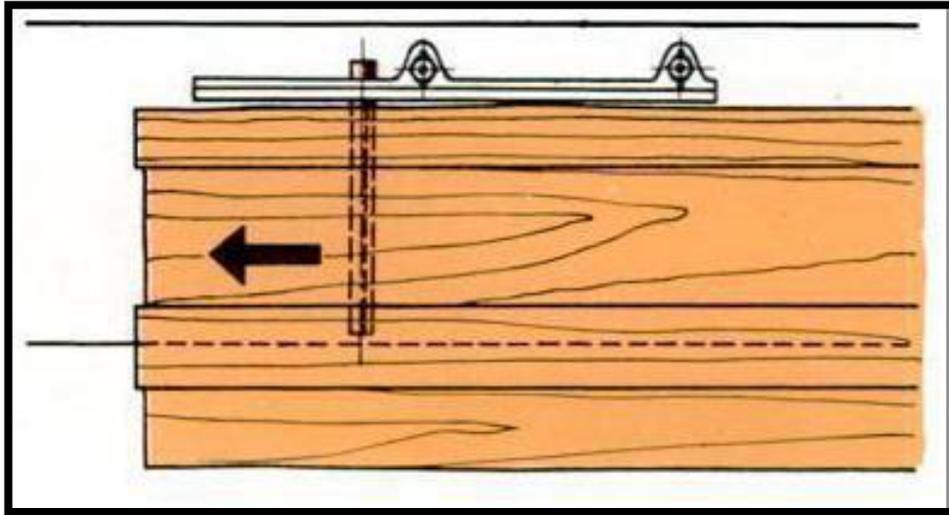
**Imagen # 16 PARA TABLAS CORTAS SE RECURRE AL AUXILIO DE UNA PIEZA AUXILIAR DE CONDUCCIÓN**



Las superficies de tablas encoladas como, por ejemplo, para suelos, se acepillan sólo muy ligeramente, las superficies que son más anchas que la mesa de la acepilladora se trabajan partiendo de ambos lados.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Heinrich Höner; Alrededor Del Trabajo De La Madera; Editorial Reverte.

**Imagen # 17 LAS SUPERFICIES MUY ANCHAS SE ACEPILLAN ATACANDO POR AMBOS BORDES**



Es fácil que a causa de la parte que queda en voladizo se forme en el centro una arista más profundamente tallada. Esta arista puede evitarse mediante una hábil sujeción de la parte que sobresale, en caso dado haciendo uso de un ayudante. El objeto perseguido con el aplanado de estas piezas tan grandes es evitar las mayores irregularidades.

Las piezas para marcos o bastidores tienen que ser muy cuidadosamente aplanadas. No deben estar alabeadas ni ser redondas o cóncavas.

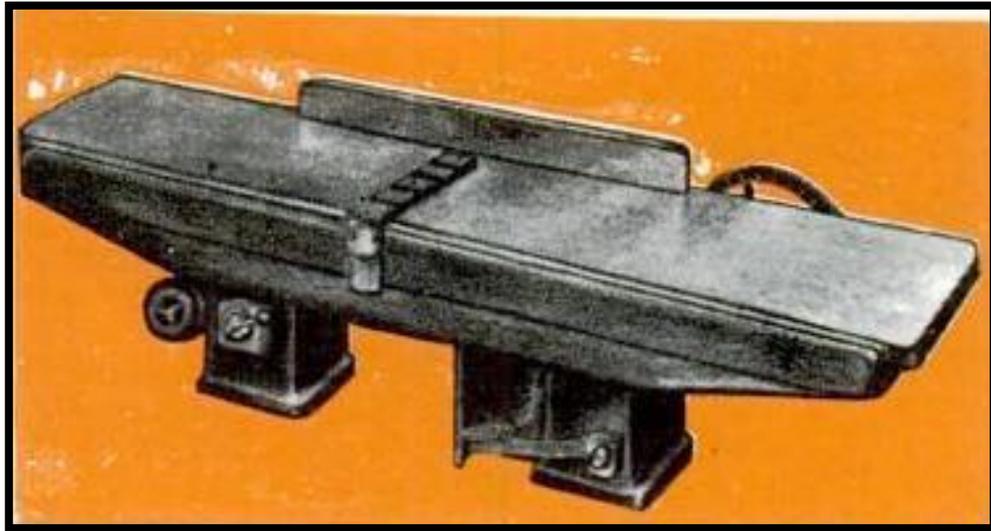
Es incorrecta, por lo tanto, la práctica de forzar por compresión la madera bruta mientras se aplanan en la dirección longitudinal. Con ello se puede ciertamente ahorrar algo en espesor, pero se tienen después marcos deformados.

En espesor se puede ahorrar disponiendo las cosas para trabajar con reducido espesor de viruta.

Un espesor de viruta de 1 mm podría suponer, con un paso repetido por la máquina, 2 mm de pérdida de viruta y con un espesor de 2 mm, 4 mm de pérdida. La deducción de que se podría ajustar entonces el espesor de viruta a 2 mm y dar a la madera una sola pasada es errónea, porque muy raramente se consigue el planeamiento con una única pasada.

Si las maderas a trabajar tienen distintos espesores en ambos extremos, se dispone el extremo más delgado en la mesa de salida y se hace pasar la pieza, con lo cual el espesor total de viruta no se arrancará sino del extremo grueso.<sup>14</sup>

**Imagen # 18 CEPILLADORA DE MESA LARGA CON DISPOSITIVOS DE RÁPIDO AJUSTE DE ESPESOR MEDIANTE PEDAL (DERECHA).**



La cepilladora o planeadora de mesa larga ofrece la posibilidad de una sola pasada para cada espesor de viruta.

En la mesa de colocación de 2000 mm longitud se ve inmediatamente el arranque de viruta necesario. Sin soltar la pieza de la mano se gradúa instantáneamente con el pedal el necesario espesor de virutas según una escala dispuesta sobre la mesa. El ahorro de tiempo conseguido mediante una sola pasada y el ajuste instantáneo, todo ello con un aprovechamiento óptimo del espesor de la madera, es muy importante.

Generalmente, al aplanado de una cara va unido el recorte de un canto es decir, el cepillado de un borde a ángulo recto con el lado aplanado.

---

<sup>14</sup> Heinrich Höner; Alrededor Del Trabajo De La Madera; Editorial Reverte.

**Imagen # 19 RECORTE DE LOS CANTOS**



Recorte de los cantos. El listón de la guía protege la mano y ayuda a apretar.

a) Palanca de mano para el ajuste de la mesa.

Se toma el canto mejor, con objeto de que un eventual desperdicio de anchura caiga hacia el canto peor (Nudos, rajaduras centrales).<sup>15</sup>

La regla de tope debe ser comprobada en cuanto a su perfecta perpendicularidad mediante una escuadra. La cara aplanada de una tablilla se adapta contra la superficie de la regla de tope. La mano izquierda, con el dedo pulgar sobre el canto superior, aprieta y la derecha empuja hacia delante, en el caso de piezas largas hay que cambiar sobre la marcha el modo de agarrar la pieza.

Hay que prestar atención a que el canto que se recorta apoye bien sobre la mesa de salida.

Una vez que se hayan recortado (cepillado) los dos primeros cantos, se aprieta uno contra otro y se miran contra la luz o se adaptan sobre la placa de la mesa para comprobar si la junta formada es bien estanca.

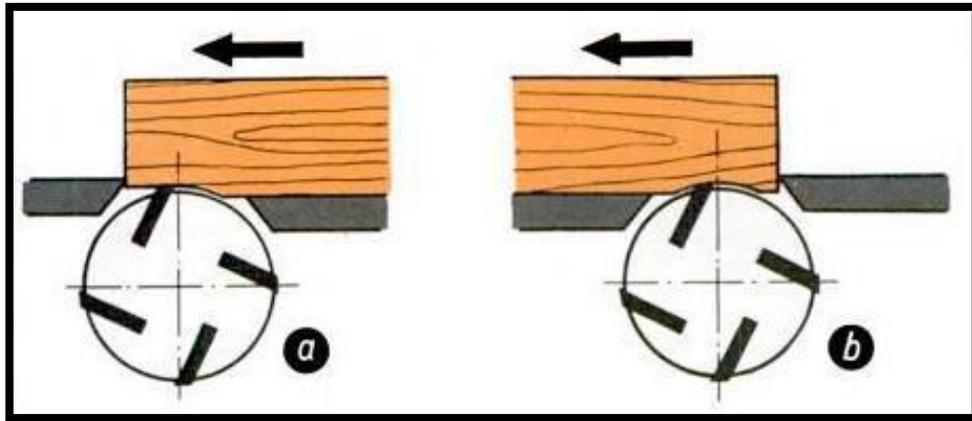
Este es un buen procedimiento para ver las discrepancias, porque poniendo juntas las piezas aparecen duplicadas. Del mismo modo se ve así si la mesa posterior está bien ajustada.

---

<sup>15</sup> Heinrich Höner; Alrededor Del Trabajo De La Madera; Editorial Reverte.

Demasiada alta, de modo claramente apreciable, no puede estar, porque en este caso tropezaría con la pieza.<sup>16</sup>

Imagen # 20 MESA DE SALIDA



a) La mesa de salida está por encima de la arista superior del cilindro descrito por las cuchillas, la pieza choca con la mesa.

b) La mesa de salida está por debajo de la arista superior descrita por los de las cuchillas, la pieza choca con la mesa.

Cuando está demasiado alta, pero con diferencia de altura apenas perceptible, lo que sucede es que la parte posterior de la pieza no resulta atacada ya por el árbol porta cuchillas. Si está demasiado baja aparece en el extremo posterior una sinuosidad que tendrá una profundidad igual a la diferencia entre la arista superior del cilindro descrito por las cuchillas y la superficie de la mesa.

La obtención de bordes que dejan junta estanca como se precisa parte juntas encoladas, exige un cuidado especial.

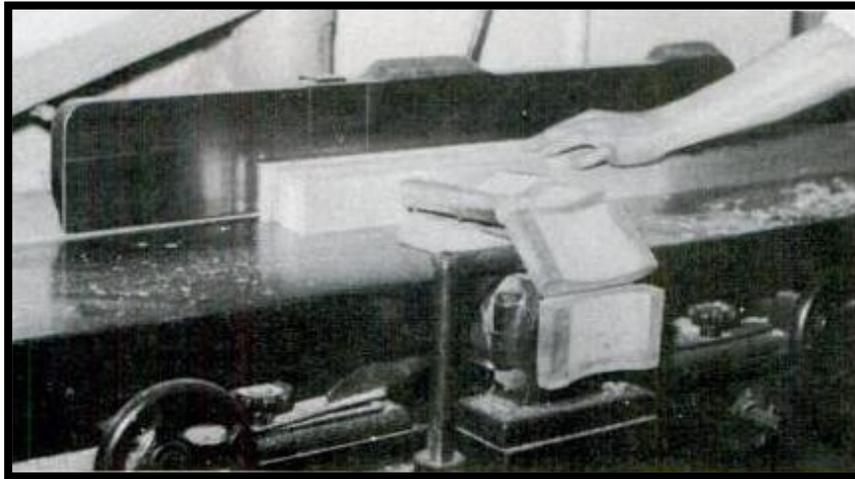
Esto no puede conseguirse sino con cuchillas bien afiladas, porque las que están romas no cortan las fibras de madera, sino que las machacan, aplastándolas. Por esta razón resultarían encoladas sólo las partículas que sobresalieran y no toda la superficie.

<sup>16</sup> Heinrich Höner; Alrededor Del Trabajo De La Madera; Editorial Reverte.

La necesaria forma cóncava que han de tener las rendijas de un ensamblaje se exagera fácilmente. Para 1 m de longitud basta con un hueco de 1/2 mm. Mediante una sólo una pequeña elevación de la mesa salida, aproximadamente 0,2 mm se obtiene una junta ligeramente cóncava. En máquinas que sólo se utilizan para preparar ensambladoras se consigue esto por medio de una posición ligeramente convexa de ambas superficies de mesa; basta para ello, aproximadamente, una flecha de 1/2-1 mm para la longitud total. <sup>17</sup>

En los extremos tienen forzosamente que estar las juntas íntimamente unidas (junta hermética).

**Imagen # 21 VARIAS TABLAS SE PASAN AL MISMO TIEMPO UNAS JUNTO OTRAS.**



En el ensamblaje de tablas para suelos, por ejemplo, se pasan sobre el porta cuchillas con frecuencia varias tablas, unas junto a otras, simultáneamente (Figura 21), con lo cual se economiza tiempo disminuyendo, la calidad. Para conseguir ensamblajes impecables han de trabajarse las superficies por separado. <sup>18</sup>

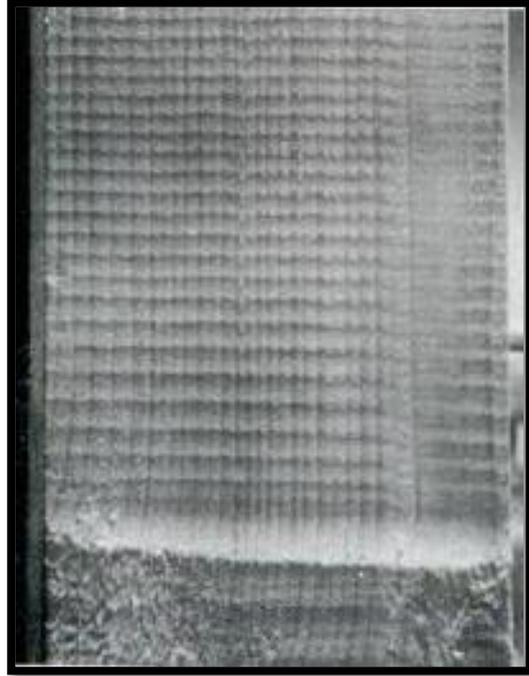
Un avance demasiado rápido al trabajar en la máquina de aplanar hace que se presenten defectos. La madera es arrancada con más facilidad y mayor intensidad y quedan claramente visibles los golpes de las cuchillas, y esto tanto más cuanto mayor es el avance, hasta que pasa finalmente toda la pieza.

---

<sup>17</sup> Heinrich Höner; Alrededor Del Trabajo De La Madera; Editorial Reverte.

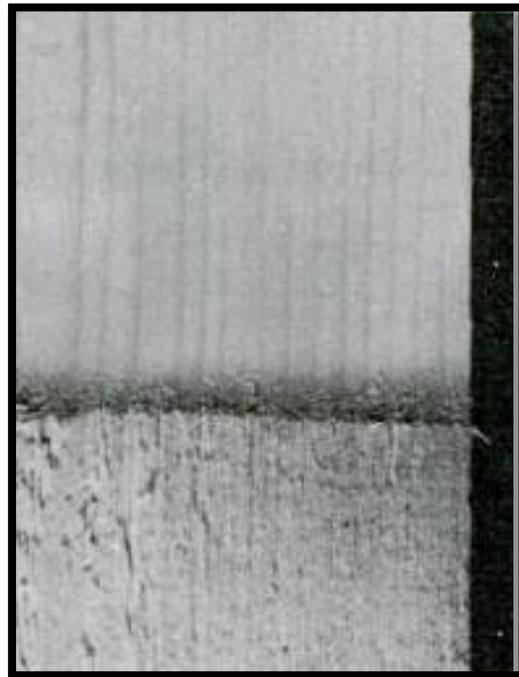
<sup>18</sup> Heinrich Höner; Alrededor Del Trabajo De La Madera; Editorial Reverte.

**Imagen # 22 SEÑALES FUERTEMENTE MARCADAS EN LA TABLILLA**



La presencia de señales fuertemente marcadas por las cuchillas indica una excesiva rapidez en la pasada.

**Imagen # 23 AVANCE CORRECTO DE CUCHILLAS**

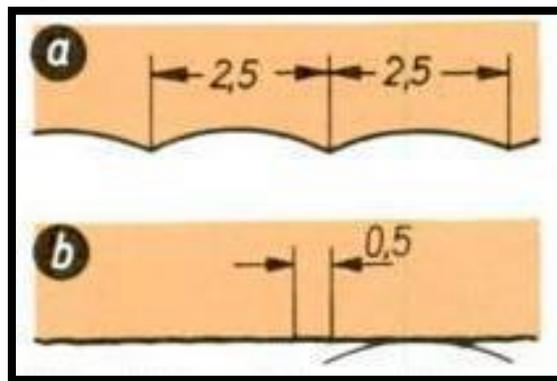


Superficie bien cepillada: esto indica un avance correcto y el uso de cuchillas bien afiladas.

Un avance de 4 m/min haría que con dos cuchillas se produjera en el caso de 4000 Rev. /min un golpe de cuchillas de longitud igual a  $(4000/(4000*2))=0.5mm$ . Las distintas señales producidas por el golpe de las cuchillas no se notarían y la superficie sería lisa. Al multiplicarse la velocidad de avance, la longitud de los golpes aumentaría en la misma proporción, por ejemplo, con 20 Rev. /min de avance se tendrían más señales de 2,5 mm  $(20000/(4000*2))=2.5 mm$ ; estas señales serían claramente visibles y la superficie ya no sería lisa.

Un aumento del número de revoluciones o del número de cuchillas trae consigo un acortamiento de los golpes y con ello un posible aumento de la velocidad de avance.

**Imagen # 24 GOLPES DE CUCHILLAS AUMENTADOS**

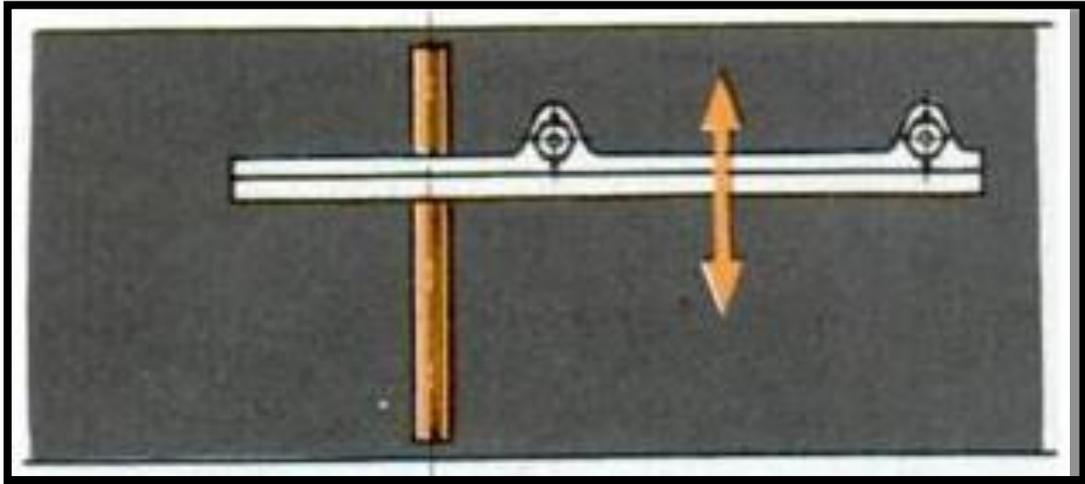


Golpes de las cuchillas aumentados: a) Avance demasiado rápido, b) Avance correcto

Las partes del árbol porta cuchillas que no se utilizan deben ser cubiertas. Si las cuchillas están recién afiladas y las maderas que hay que aplanar son estrechas, se hace salir hacia afuera la regla de tope hasta que quede libre una buena anchura de trabajo. La parte del árbol porta cuchillas que queda detrás de la regla de tope deberá quedar cubierta. En máquinas anchas se facilita con esto el trabajo junto al tope. Aparte de esto se puede siempre echar el tope unos cuantos centímetros hacia atrás cuando la parte primeramente utilizada se ha embotado, con objeto de tener nuevamente una zona con las cuchillas bien afiladas.<sup>19</sup>

<sup>19</sup> Heinrich Höner; Alrededor Del Trabajo De La Madera; Editorial Reverte.

Imagen # 25 APLANAR LA MADRA ESTRECHA



Cuando se aplanan maderas estrechas se hace avanzar primeramente la regla del tope y después se la echa para atrás por escalones.

## **CAPÍTULO III**

### **3. VISUALIZACIÓN DEL ALCANCE DEL ESTUDIO**

El presente trabajo de titulación, a través de la modalidad de investigación, se desarrolló en base a diversas metodologías que encierran el campo de la ingeniería mecánica, y que envuelven la idea de ingeniar máquinas y equipos de última generación, con tecnología que ayude y facilite con estos elementos el trabajo del ser humano.

Basado enteramente en diferentes estudios comprobados de acuerdo a la metodología referida, las técnicas que se aplicaron en el presente documento demandaron análisis más profundos e investigaciones para el aprovechamiento integral de la caña guadua en las diferentes regiones de Manabí.

En lo social, en este trabajo de titulación se contribuye al diseño y construcción de ésta máquina, aporta de manera directa al mercado de producción tanto urbana y rural, en donde, comerciantes, como clientes podrán obtener productos con mejor acabado en cantidad y calidad.

La parte económica nos muestra que una vez realizada la caracterización de la caña guadua, el diseño de la máquina y el proceso de construcción de la máquina canteadora y cepilladora de latillas de caña guadua, estos sectores económicos que estén inmersos en este campo.

El aporte científico sería el principal aspecto, en el presente trabajo de titulación que logró realizarse, gracias al conocimiento aportado por el autor, y por cada uno de los expertos en el tema, incluyendo a docentes de la carrera de ingeniería mecánica que fueron designados a esta tarea.

## **3.1.DISEÑO METODOLÓGICO**

### **3.1.1. HIPÓTESIS**

El diseño del prototipo de una máquina canteadora y cepilladora, además de portar los datos de caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de la caña guadua (*angustifolia kunth*) de los cantones Olmedo y Santa Ana en la Provincia de Manabí, nos ayudará a seleccionar los diferentes elementos necesarios para la máquina como: motor, poleas, ejes, chumaceras. Cuchillas, entre otros; que mejorará sustancialmente la producción de latillas que posteriormente serán transformadas en vigas, viguetas y paneles cuya aplicación será en la construcción de viviendas a bajo costo de interés social.

## **3.2.IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DE ESTUDIO**

### **3.2.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Maquina Canteadora y Cepilladora de Caña Guadua (*Angustifolia kunth*).

### **3.2.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Propiedades Físicas y Mecánicas de la Caña Guadua (*Angustifolia kunth*).

### 3.3.DEFINICIÓN DE VARIABLES

**VARIABLE DEPENDIENTE.-** Máquina canteadora y cepilladora de caña guadua (*Angustifolia kunth*).

MANIFESTACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ITEMS	TÉCNICA
<p>Técnicamente se dice que sirve para la acción de cantear o rectificar los respectivos cantos de una tabla.</p>	Canteadora	<p>De manera técnica se labora con equipos que se adaptan a alisar los cantos de la caña.</p>	<p>¿Hay posibilidad de programar y operar los equipos del sistema de riego?</p>	<p>Asistencia de operación en equipos.</p>
	Cepilladora	<p>De manera técnica se labora con equipos que se adaptan a rectificar y dar acabados a los cantos de la caña.</p>	<p>¿Existe la posibilidad de facilitar la manejabilidad de los equipos?</p>	<p>Consultor</p>

**VARIABLE INDEPENDIENTE.-** Propiedades Físicas y Mecánicas de la caña Guadua (*Angustifolia kunth*).

MANIFESTACIÓN	CATEGORÍA	INDICADOR	ITEMS	TÉCNICA
<p>La guadua es y será un recurso natural que es empleado por el hombre desde tiempos remotos, e inclusive en el Ecuador, por sus características físicas como químicas, se utiliza en gran cantidad para labores como construcción, paisajismos y demás.</p>	<p>Propiedades Físicas</p> <p>Propiedades Mecánicas</p>	<p>Estudios recientes indican que la densidad puede variar desde 3000 a 8000 tallos de guadua por hectárea, lo que reporta aprovechamiento que van mínimo de 360 hasta un máximo 960 guadas por hectárea.</p> <p>Se especifica un método para las pruebas de tensión paralela a las fibras realizadas en los troncos de la guadua</p>	<p>¿Se podrá a través del estudio físico de la caña guadua aportar para el diseño del prototipo de máquina?</p> <p>¿Se podrá a través del estudio mecánico de la caña guadua aportar para el diseño del prototipo de máquina?</p>	<p>Expertos y asistentes conocedores de la parte agronómica y de la caña guadua.</p> <p>Ingenieros y consultores. Equipos de investigación.</p>

### **3.4.COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

Al realizar los estudios previos de las características además de pruebas físicas como mecánicas de la caña guadua (*angustifolia kunth*), y la implementación de un diseño de prototipo de máquina canteadora y cepilladora, se logrará adherir nuevas técnicas de producción de vigas, viguetas y paneles del material a investigar como lo es la caña guadua, generar y expandir su uso a un costo razonable para los productores de este sector de la industria.

Se pudo comprobar, en las pruebas físicas, mecánicas (compresión, flexión, tracción), realizados en los laboratorios de suelos y ensayos no destructivos de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la UTM, las propiedades de la caña guadua cuyos resultados son satisfactorios en cada uno de los sectores a ser estudiados, es decir en los cantones Olmedo y Santa Ana de la Provincia de Manabí.

Una vez obtenido el resultado de las pruebas realizadas, se pudo proceder al diseño del prototipo de una máquina canteadora y cepilladora de caña guadua (*angustifolia kunth*), la cual realizará trabajos de canteo y cepillado respectivamente y así obtener un proceso más perfecto en cuanto a calidad de producción de tablas y latillas, de caña guadua que permita mejorar los sectores socio-económicos de esta región y respecto a la demanda de productos derivados de éste material ya procesado, mejorando la calidad de vida de aquellos que dependen exclusivamente de la materia prima en mención, creando plazas de trabajo y aplicando normas que influyan directamente en el buen vivir del sector.

### **3.5.DESARROLLO DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Una vez que el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, dio fecha de aprobación al anteproyecto expuesto ante ellos, se eligió al tutor y revisor del actual trabajo, se comenzó a trabajar en la elaboración del cronograma de trabajo, para poder llevar a cabo los tiempos de la elaboración de este trabajo, a más de esto se realizó un cronograma de revisión, que consistía presentar avances de la tesis al tutor para hacer correcciones y al mismo tiempo compartir conocimientos para involucrarlos en este trabajo.

Según el nuevo reglamento de educación superior nos dice que el tiempo estipulado para la realización de los trabajos de titulación es de mínimo 10 semanas, por lo que tomando como pauta este reglamento, se realizó el cronograma de trabajo.

Antes de realizar el desarrollo de este trabajo, se efectuó un estudio en sitio sobre la caña guadua, determinando parámetros de siembra, crecimiento, producción y sobre todo, las características físicas y mecánicas, que fueron de vital importancia en el desarrollo del presente proyecto.

Luego de conocer y haber valorado las características físicas y mecánicas de la caña guadua, se procedió a evaluar si es factible diseñar un prototipo de máquina canteadora y cepilladora, capaz de realizar dicho trabajo con la caña guadua.

El trabajo técnico comprende en diseñar esta máquina, partiendo del punto de que se debe conocer, los elementos que van a estar inmersos en el diseño y si esos estarán aptos para cumplir el trabajo de cantar y cepillar las tablillas de caña guadua, es decir que cada componente va a tener una aplicación específica y un alto rendimiento en trabajo específico.

Luego tener el diseño técnico de la máquina canteadora y cepilladora de caña guadua, se hizo la valoración económica de la fabricación de la misma, que permitirá saber si es factible su realización, para que así esta pueda ser usada por los habitantes o ciudadanos de los cantones Olmedo y Santa Ana de la provincia de Manabí.

## **3.6.OBJETIVOS**

### **3.6.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar la caracterización de las propiedades física y mecánica de caña guadua (ANGUSTIFOLIA KUNTH) en los cantones Olmedo y Santa Ana de la Provincia de Manabí, así como el diseño de una máquina canteadora y cepilladora de latillas, que permita la aplicación en vigas, viguetas como material de construcción de viviendas de bajo costo.

### **3.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar caracterización, pruebas físicas y mecánicas de caña guadua (angustifolia kunth), en el cantón Olmedo y Santa Ana de la Provincia de Manabí.
- Elaborar el diseño técnico de un prototipo de una maquina canteadora y cepilladora de caña guadua.
- Seleccionar aceros especiales para la fabricación cuchillos de canteadora y cepilladora, y otros accesorios necesarios (bandas, poleas, chumaceras, ejes, etc.), para un buen funcionamiento de la misma.
- Realizar valoración técnica-económica del diseño del prototipo de una máquina canteadora y cepilladora de latillas de la caña guadua (angustifolia kunth) en los cantones Olmedo y Santa Ana Provincia de Manabí.

## **3.7.EJECUCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

### **3.7.1. CARACTERIZACIÓN, PRUEBAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CAÑA GUADUA**

La caña guadua es la materia prima, con la cual la maquina cepilladora y canteadora va a hacer su trabajo, por lo que es importante, conocer sus principales características, físicas y mecánicas, así como conocer los detalles y composición del suelo de donde estas provienen.

Para conocer los detalles y la composición del suelo se realizaron, estudios para determinar el contenido de humedad, la granulometría para el tipo de suelo, los límites líquidos, plástico y el índice de plasticidad del mismo. Estos estudios se realizan para una comparación en relación a otros lugares de producción de caña guadua, ya que del tipo de suelo, depende la humedad y los minerales que aporta al desarrollo sostenible y calidad de la caña guadua.

Los ensayos mecánicos realizados a la caña guadua, son de compresión, tracción, flexión y corte paralelo a la fibra, este último se puede decir que es el más importante porque se determina la fuerza que se necesita para cortar la caña, es decir la fuerza que deben tener el motor de la máquina para realizar el trabajo de canteado y cepillado.

Cabe recalcar que el actual trabajo de titulación se realizó en los cantones Olmedo y Santa Ana de la provincia de Manabí, por lo que las muestras para realizar los diferentes exámenes y ensayos, se las recolectó de estos cantones, para posteriormente realizarlos en el laboratorio de suelos y en el laboratorio de ensayos no destructivos de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Manabí.

### 3.7.2. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS.

En general los suelos poseen cohesión y una cierta cantidad de agua, según el lugar se pueden presentar en estado sólido, semi-sólido o semi-líquido. El contenido de humedad del suelo siempre varía de un lugar a otro, además también varía dependiendo de la profundidad de la que se extraiga el suelo.

**Imagen # 26 PRUEBAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO**



El límite líquido y plástico se los determina, realizando ensayos de laboratorios, al conocer el valor de estos dos ensayos, se puede encontrar el índice de plasticidad del suelo.

Se realizaron ensayos a profundidades de 0.25mts; 0.50mts y 1 metro de profundidad.

### **3.7.3. PROCEDIMIENTOS Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS**

En esta sección se van a detallar los procedimientos que se deben seguir para realizar los diferentes ensayos mecánicos, también de forma ordenada y clara se podrán detallar los diferentes resultados que arrojaron los ensayos.

### **3.7.4. PRUEBAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CAÑA GUADUA**

Para poder utilizar la caña guadua como materia prima para la elaboración de vigas, viguetas y laminados, que serán utilizados en la construcción de viviendas a bajo costo, luego de su industrialización, es necesario conocer el comportamiento físico- mecánico de cada una de las partes de las que está compuesta las latillas de caña guadua y que es aprovechada a la hora de procesarla en la maquina cepilladora y canteadora.

Para saber el comportamiento físico-mecánico es primordial saber los elementos que puedan afectar o ayudar a fortalecer la caña guadua, principalmente la humedad que cumple un papel importante en la resistencia mecánica de la caña guadua.

Las características físicas y químicas del suelo de los guaduales ayudan a denotar las características físicas y mecánicas de la caña guadua, ya que en ella cambian en proporción los minerales y la humedad del suelo.

Las muestras para realizar las pruebas físicas así como el ensayo mecánico, se las recolectaron de los cantones Olmedo y Santa Ana en manchas de caña, de sitios específicos, los ensayos respectivos se realizaron en los laboratorios de suelos de la carrera de Ingeniería Civil y de ensayos no destructivos de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Manabí.

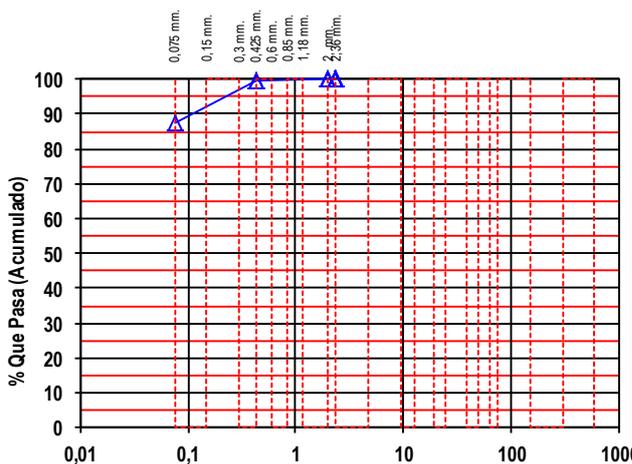
### 3.7.4.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL SUELO

#### 3.7.4.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

Las manchas de caña se caracterizan por tener grandes porcentajes de humedad en el suelo, que generalmente es superior al 20% en adelante, a mayor humedad la penetración del suelo será mayor, por lo que va a facilitar el desarrollo de la caña guadua.

Tabla # 2 EXÁMEN DE SUELO GRANULOMETRÍA

<b>Determinación de la Distribución Granulométrica de Suelos.</b>							
Obra :		Tesis	Profundidad mts. :				
Localización :		Santa Ana	Sondeo N° :				
Procedencia :		Finca	Muestra N° :				
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (VISUAL) :		MEJORAMIENTO					
<b>Ensayo de Contenido de Humedad</b>		<b>Material Serie</b>					
		Gruesa	Fina				
Recipiente N°		6					
Masa de Recipiente + Muestra Húmeda ( P1 )		500,00					
Masa de Recipiente + Muestra Seca ( P2 )		323,00					
Masa de Agua ( P3 = P1 - P2 )		177,00					
Masa del Recipiente ( P4 )		50,00					
Masa de Muestra Seca ( P5 = P2 - P4 )		273,00					
% de Humedad ( W = P3 × 100 ÷ P5 )		16,22					
OBSERVACIONES :							
<i>Normas de Referencia</i>							
INEN 154-1986							
INEN 696-1982							
INEN 697-1982							
ASTM C 117-95							
ASTM C 136-96a							
ASTM C 1140-98							
AASHTO T 11-91							
AASHTO T 27-93							
<b>SERIE FINA</b>							
Tamiz ASTM		Masa Retenida					
Abertura / N°.		Parcial	Acumulada	% Pasante	% Pasante		
2,36 mm. No. 8							
2 mm. No. 10		0,26	0,26	99,94			
1,18 mm. No. 16							
0,85 mm. No. 20							
0,60 mm. No. 30							
0,425 mm. No. 40		0,34	0,60	99,86			
0,3 mm. No. 50							
0,15 mm. No. 100							
0,075 mm. No. 200		52,53	53,13	87,65			
<b>Pasa No. 200</b>							
Masa inicial del material para Lav 500 gr.							
Masa final corregida por Humedad de los fi 430,2 gr.							
Total del Material utilizados para el Ensayo 500,0							



Realizado.	Responsable	Fecha Toma Muestra	Fecha Ensayo
Madrid Triviño Ángel Ronald	Ing. Alfredo Zambrano	octubre, 19 de 2015	octubre, 21 de 2015

Tabla # 3 INDICE PLASTICIDAD DE OLMEDO

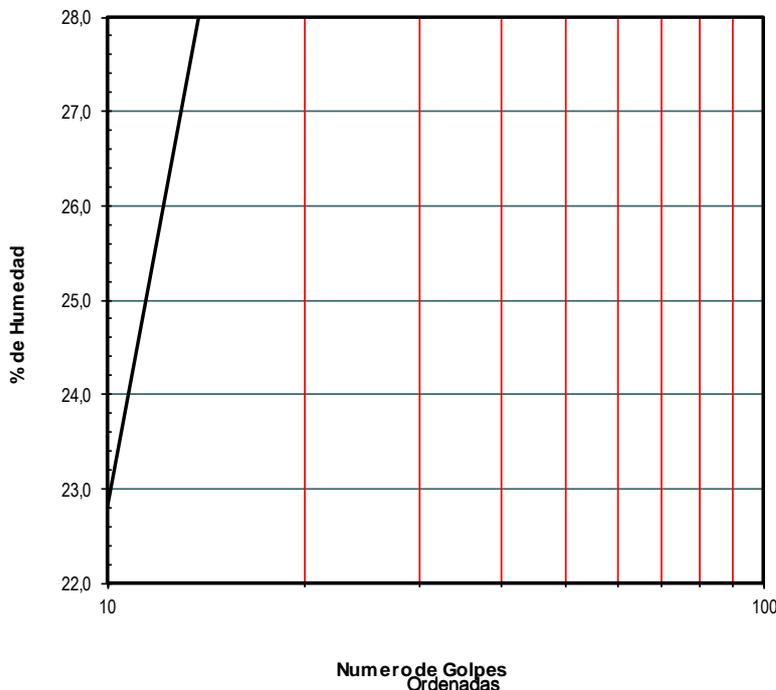
## Determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos

Obra :	Tesis	Prof 1.00 m
Localización :	Olmedo	Muestra # 2
Procedencia :	Finca Mieles	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (VISUAL) :		MEJORAMIENTO

LÍMITE LÍQUIDO			
RECIPIENTE #	M	10	20
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	31,02	29,99	30,11
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	26,98	26,04	27,07
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	4,04	3,95	3,04
MASA DE RECIPIENTE (P4)	17,38	16,91	17,55
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	9,60	9,13	9,52
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	42,08	43,26	31,93
# DE GOLPES	38	27	18

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE #	54	61	58
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA (P1)	11,05	10,50	11,30
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA (P2)	10,03	9,34	10,03
MASA DE AGUA (P3 = P1 - P2)	1,02	1,16	1,27
MASA DE RECIPIENTE (P4)	7,64	6,70	6,78
MASA DE MUESTRA SECA (P5 = P2 - P4)	2,39	2,64	3,25
% DE HUMEDAD (W = P3 × 100 ÷ P5)	42,68	43,94	39,08

**Observaciones :**  
*Normas de Referencia*  
 INEN 691-1982  
 INEN 692-1982  
 ASTM D 43 18-98  
 AASHTO T 89-94  
 AASHTO T 90-94



Usar Ecuación de Lambe para L.L.

<b>RESULTADOS</b>
L. Líquido = 37,66
L. Plástico = 41,90
I. Plasticidad = -4,24

Clasificación Según  
 Carta de Plasticidad  
**ASTM D2487 SUCS = ML**

Ajustar Escala de % de Humedad     NO PLASTICO     Clasificación del Suelo

Laboratorista <b>Madrid Triviño Angel Ronald</b>	RESPONSABLE <b>Ing. Alfredo Zambrano</b>	Fecha muestra octubre, 19 de 2015	Fecha Ensayo octubre, 21 de 2015
---	---	--------------------------------------	-------------------------------------

## Determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de Suelos

Obra :	Tesis	Prof 1.00 m
Localización :	Olmedo	Muestra # 2
Procedencia :	Finca Mieles	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (VISUAL) :		MEJORAMIENTO

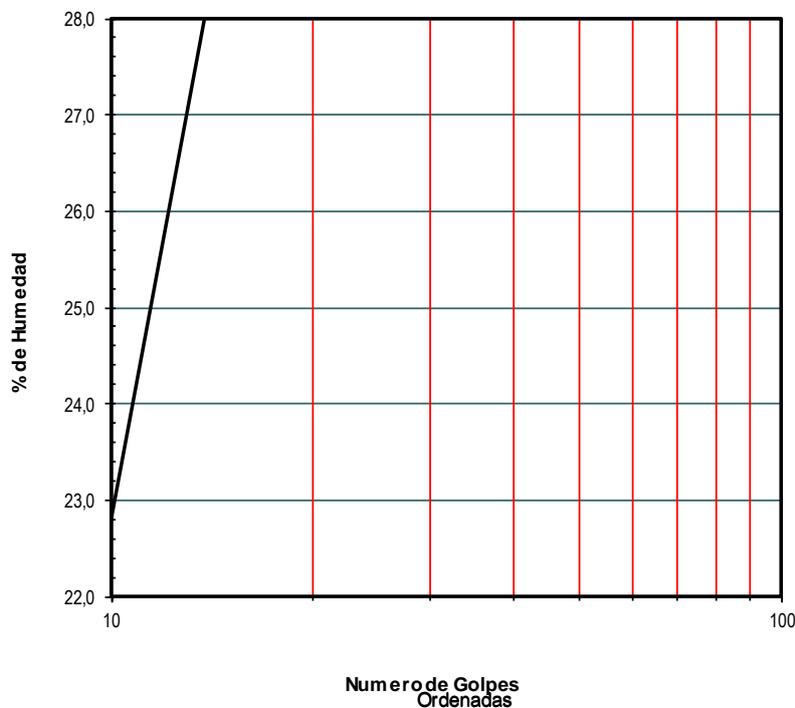
LÍMITE LÍQUIDO			
RECIPIENTE #	M	10	20
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA ( P1 )	31,02	29,99	30,11
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA ( P2 )	26,98	26,04	27,07
MASA DE AGUA ( P3 = P1 - P2 )	4,04	3,95	3,04
MASA DE RECIPIENTE ( P4 )	17,38	16,91	17,55
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2 - P4 )	9,60	9,13	9,52
% DE HUMEDAD ( W = P3 × 100 ÷ P5 )	42,08	43,26	31,93
# DE GOLPES	38	27	18

LÍMITE PLÁSTICO			
RECIPIENTE #	54	61	58
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA HÚMEDA ( P1 )	11,05	10,50	11,30
MASA DE RECIPIENTE + MUESTRA SECA ( P2 )	10,03	9,34	10,03
MASA DE AGUA ( P3 = P1 - P2 )	1,02	1,16	1,27
MASA DE RECIPIENTE ( P4 )	7,64	6,70	6,78
MASA DE MUESTRA SECA ( P5 = P2 - P4 )	2,39	2,64	3,25
% DE HUMEDAD ( W = P3 × 100 ÷ P5 )	42,68	43,94	39,08

Observaciones :

*Normas de Referencia*

INEN 691-1982  
 INEN 692-1982  
 ASTM D 4318-98  
 AASHTO T 89-94  
 AASHTO T 90-94



Usar Ecuación de Lambe para L.L.

**RESULTADOS**

**L. Líquido = 37,66**

**L. Plástico = 41,90**

**I. Plasticidad = -4,24**

**Clasificación Según  
 Carta de Plasticidad  
 ASTM D2487 SUCS = ML**

Ajustar Escala de % de Humedad     NO PLASTICO     Clasificación del Suelo

Laboratorista <b>Madrid Triviño Angel Ronald</b>	RESPONSABLE <b>Ing. Alfredo Zambrano</b>	Fecha muestra octubre, 19 de 2015	Fecha Ensayo octubre, 21 de 2015
---	---	--------------------------------------	-------------------------------------

Tabla # 5 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA DE SUELO EN EL CANTÓN SANTA ANA

## Determinación de la Distribución Granulométrica de Suelos.

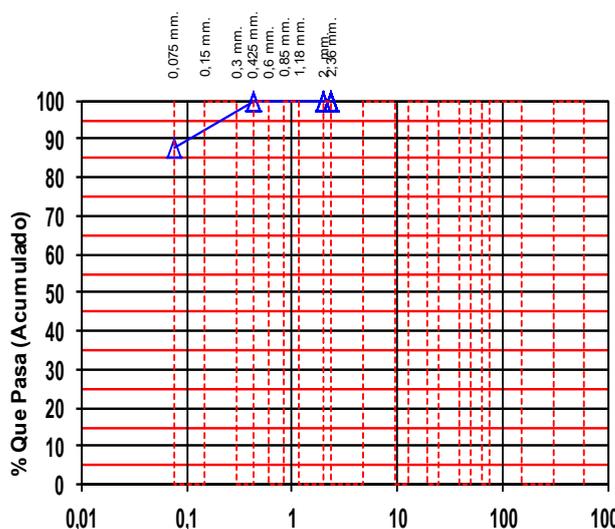
Obra :	Tesis	Profundidad mts. :	1,00
Localización :	Santa Ana	Sondeo N° :	Calicata
Procedencia :	Finca	Muestra N° :	C001
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA (VISUAL) :		MEJORAMIENTO	

Ensayo de Contenido de Humedad	Material Serie	
	Gruesa	Fina
Recipiente N°		4
Masa de Recipiente + Muestra Húmeda ( P1 )		500,00
Masa de Recipiente + Muestra Seca ( P2 )		300,00
Masa de Agua ( P3 = P1 - P2 )		200,00
Masa del Recipiente ( P4 )		50,00
Masa de Muestra Seca ( P5 = P2 - P4 )		250,00
% de Humedad ( W = P3 × 100 ÷ P5 )		20,94

**OBSERVACIONES :**

Normas de Referencia

INEN 154-1986  
 INEN 696-1982  
 INEN 697-1982  
 ASTM C 117-95  
 ASTM C 136-96a  
 ASTM C 1140-98  
 AASHTO T 11-91  
 AASHTO T 27-93



SERIE FINA				
Tamiz ASTM Abertura / N°.	Masa Retenida		% Pasa e	% Pasa e
	Parcial	Acumulada		
2,36 mm. No. 8				
2,0 mm. No. 10	0,28	0,28	99,93	
1,18 mm. No. 16				
0,85 mm. No. 20				
0,60 mm. No. 30				
0,425 mm. No. 40	1,50	1,78	99,57	
0,3 mm. No. 50				
0,15 mm. No. 100				
0,075 mm. No. 200	49,92	51,70	87,49	
<b>Pasa No. 200</b>				
Masa inicial del material para Lavado: 500 gr.				
Masa final corregida por Humedad de los finos: 413,4 gr.				
Masa Total del Material utilizados para el Ensayo (500,0				

Realizado.	Responsable	Fecha Toma Muestra	Fecha Ensayo
Madrid Triviño Ángel Ronald	Ing. Alfredo Zambrano	octubre, 12 de 2015	octubre, 14 de 2015

### **3.7.5. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CAÑA GUADÚA**

En su desarrollo, la caña guadua se caracteriza por crecer una diferente de la otra, ya sea en diámetro, espesor o resistencia, por lo que dependiendo de ésta variable las propiedades mecánicas siempre son diferentes.

La caña guadua está conformada por diferentes partes, como son: Cepa, basa y sobre basa varillón; que son las principales partes usadas para laminados de caña guadua.

Para evaluar estas características mecánicas, actualmente existen ensayos mecánicos parecidos a los que se realizan a las probetas de acero, pero que son aplicados a la caña guadua, a continuación se detallan los principales ensayos que se van a realizar de una manera técnica y responsable a la caña.

**Imagen # 27 DIFERENTES PARTES Y MEDIDAS DE LA CAÑA GUADUA**



### 3.7.5.1. TRACCIÓN

El objetivo de este ensayo es el de determinar el esfuerzo último de tensión paralela a la fibra, se utiliza una máquina hidráulica especial para este ensayo NESTOR, la cual consta de dos mordazas que deben sujetar longitudinalmente los extremos de la probeta de prueba.

Se debe asegurar que las mordazas apliquen la carga a lo largo de todo el eje de la pieza o de la probeta de prueba, no permitiendo que ésta gire de forma radial, ya que no sería una manera correcta de realizar este ensayo, la carga debe de ser aplicada continuamente a una velocidad de 0,01 mm/s.

**Imagen # 28 PREPARACIÓN DE ENSAYO DE TRACCIÓN**



### 3.7.5.1.1. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE TRACCIÓN

- Las dimensiones de corte deben ser medidas a 0,1mm.
- Los espécimen deben ser tomados de la cepa, basa y sobre basa de la caña guadua.
- Éste ensayo debe ser realizado con muestras con un nudo, la cual debe estar en la sección de agarre.
- Las muestras para los ensayos se las debe tomar de la cepa, basa y sobre basa de cada culmo de caña guadua, debiendo ser marcada con las letras C, B, S, para llevar un orden, no exista confusión y no se produzcan errores de lecturas de las pruebas.

Imagen # 29 MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE TRACCIÓN



### 3.7.5.1.2. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE TRACCIÓN

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

Imagen # 30 REALIZACIÓN DE ENSAYO DE TRACCIÓN



### 3.7.5.1.3. RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCIÓN

Tabla # 6 RESULTADO EXAMEN TRACCIÓN CANTÓN SANTA ANA

PARTE	ESPECIMEN	ESFUERZO (MPa)	FUERZA (N)	ESPESOR (mm)	ALTURA (mm)	AREA (mm <sup>2</sup> )	ESFUERZO MEDIO (MPa)
CEPA	MÁXIMO	7000,4	211,94	4,52	7,49	33,03	6416,06
	PROMEDIO	6243,45	212,21	4,58	6,51	29,42	
	MÍNIMO	6004,32	194,25	4,77	6,48	30,91	
BASA	MÁXIMO	6505,26	204,63	4,32	7,36	31,79	6234,87
	PROMEDIO	6302,58	215,11	4,26	6,88	29,30	
	MÍNIMO	5896,77	221,93	4,12	6,45	26,57	
SOBRE BASA	MÁXIMO	5985,23	246,41	3,88	6,26	24,29	5655,81
	PROMEDIO	5656,34	259,11	3,65	5,98	21,83	
	MÍNIMO	5325,86	277,10	3,42	5,62	19,22	

**Tabla # 7 RESULTADO DE ENSAYO TRACCIÓN CANTÓN OLMEDO**

PARTE	ESPECIMEN	ESFUERZO (MPa)	FUERZA (N)	ESPESOR (mm)	ALTURA (mm)	AREA (mm2)	ESFUERZO MEDIO (MPa)
CEPA	MÁXIMO	7036,25	209,16	4,48	7,51	33,64	208,30
	PROMEDIO	6425,12	218,32	4,65	6,33	29,43	
	MÍNIMO	6226,85	197,43	4,86	6,49	31,54	
BASA	MÁXIMO	6988,87	208,25	4,56	7,36	33,56	210,10
	PROMEDIO	6443,11	213,56	4,38	6,89	30,17	
	MÍNIMO	5792,41	208,36	4,27	6,51	27,80	
SOBRE BASA	MÁXIMO	6037,95	238,56	3,98	6,36	25,31	258,86
	PROMEDIO	5803,46	256,45	3,79	5,97	22,63	
	MÍNIMO	5403,14	281,56	3,36	5,71	19,19	

### 3.7.5.2. ENSAYO DE COMPRESIÓN

Este ensayo muestra un método específico para saber el esfuerzo máximo de compresión de los culmo de la caña guadua.

La máquina utilizada para realizar este ensayo debe estar adecuada y calibrada correctamente, lo que permitirá tener resultados exactos. Al menos uno de los apoyos de la maquina debe tener un apoyo hemisférico para que esta pueda tener una carga uniforme en los extremos de los espécimen de la caña guadua.

Se debe aplicar una capa intermedia entre las dos platinas de la máquina y los dos extremos de la muestra, para reducir significativamente la fricción que pueda existir en esta área.

**Imagen # 31PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA ENAYO DE COMPRESIÓN**



### 3.7.5.2.1. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN

Las muestras para los ensayos se las deben tomar de la cepa, basa y sobre basa de cada culmo de caña guadua, debiendo ser marcada con las letras C, B, S, para llevar un orden, no exista confusión y no se produzcan errores de lecturas de las pruebas.

El ensayo se lo realizo a tres diferentes culmo de caña guadua y a sus respectivas partes (cepa, basa y sobre basa), por lo tanto se realizaron 9 ensayos de compresión, para poder obtener resultados estándar más aproximados de todo el guadua.

A continuación se detalla una lista, con los aspectos más importantes que se deben tomar antes:

- Las muestras pueden ser con nudos o sin nudo
- La longitud debe ser igual al diámetro externo
- Si el diámetro es menor a 20 mm, la longitud debe ser el doble del diámetro externo.
- Los extremos de las muestras deben tener una superficie en ángulo recto perfecto con la longitud de este.

**Imagen # 32 PREPARACIÓN DE LA CAÑA PARA EL ENSAYO**



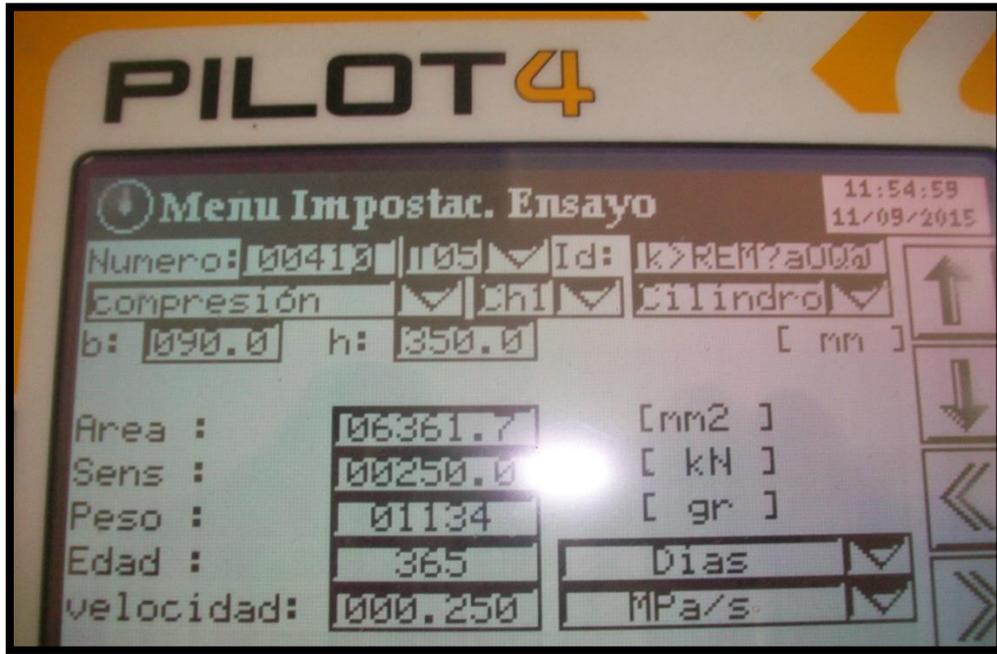
**Imagen # 33 PROBETAS DE CAÑA PARA EL RESPECTIVO ENSAYO**



### **3.7.5.2.2. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO DE COMPRESIÓN**

1. Las muestras se deben colocar de manera que el centro del cabezal móvil este verticalmente sobre el centro de la sección transversal de la muestra, la carga inicial que se le debe aplicar no debe ser superior a 1Kn.
2. Durante el ensayo la carga se debe aplicar de manera continua, logrando así hacer que el cabezal móvil de la máquina de ensayo a compresión se desplace a una velocidad constante de 0,01mm/s.
3. Antes de ingresar las muestras a la máquina de compresión, se deben anotar las características de la caña como vemos en el monitor de la máquina.

Imagen # 34 DATOS PARA DAR INICIO A LA PRUEBA



4. Se deben realizar lecturas a las celdas de carga, una cantidad aceptable de veces para realizar un diagrama relativamente exacto de la deformación frente a la carga, a partir del cual se encontramos el valor de E.

Imagen # 35 PREPARACIÓN DE ENSAYOS



5. Se debe registrar la lectura final, que es la carga máxima en la cual las muestras comienzan a fallar, conocido también como la ruptura.

Imagen # 36 PRODUCCIÓN DE LA RUPTURA, LECTURA FINAL



### 3.7.5.2.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN

De los ensayos mecánicos de compresión realizados en los cantones Santa Ana y Olmedo, se obtuvieron los siguientes resultados.

El esfuerzo máximo de compresión se lo determina con la siguiente fórmula:

$$\sigma_{\text{máx}} = F_{\text{máx}} / A$$

Dónde:

- $\sigma_{\text{máx}}$  es el esfuerzo máximo de compresión, en *MPa* (*N/mm<sup>2</sup>*), redondeado con aproximación de 0,5 MPa.
- $F_{\text{máx}}$  es la carga máxima en la cual falla la muestra, en N.
- A es el área de la sección transversal en mm<sup>2</sup>.

### 3.7.5.2.4. RESULTADOS ENSAYO DE COMPRESIÓN CANTÓN OLMEDO

A continuación se procede a realizar una tabla con todos los valores y características relevantes de la caña guadua, para lograr interpretar y analizar los resultados.

Tabla # 8 RESULTADOS ENSAYO DE COMPRESIÓN CANTÓN OLMEDO

<b>PARTES CAÑA GUADÚA</b>	<b>PROMEDI O</b>	<b>(MPA)</b>	<b>(KG /CM<sup>2</sup>)</b>	<b>LONGITUD (MM)</b>	<b>Ø EXTERIO R ( MM)</b>	<b>Ø INTERIOR ( MM)</b>	<b>PESO ( GR)</b>
<b>CEPA</b>	MAXIMO	24,82	236	244	122	101	1868
	PROMEDIO	18,84	184	234	117	76	1682
	MINIMO	12,86	133	224	112	71	1345
<b>BASE</b>	MAXIMO	16.60	165	236	118	78	1784
	PROMEDIO	14,20	138	226	113	73	1465
	MINIMO	12,30	121	204	102	62	1186
<b>SOBREMASA</b>	MAXIMO	15,80	154	224	112	71	1242
	PROMEDIO	12,42	121	214	107	67	1124
	MINIMO	10.51	109	202	101	63	1042

### 3.7.5.2.5. RESULTADOS DE ENSAYO DE COMPRESIÓN CANTÓN SANTA-ANA

A continuación se procede a realizar una tabla con todos los valores y características relevantes de la caña guadua, para lograr interpretar y analizar los resultados.

Tabla # 8 RESULTADOS ENSAYO DE COMPRESIÓN CANTÓN SANTA ANA

<b>PARTES CAÑA GUADÚA</b>	<b>PROMEDI O</b>	<b>(MPA)</b>	<b>(KG /CM<sup>2</sup>)</b>	<b>LONGITUD (MM)</b>	<b>Ø EXTERIOR ( MM)</b>	<b>Ø INTERIOR ( MM)</b>	<b>PESO ( GR)</b>
<b>CEPA</b>	MAXIMO	20.12	198	222	111	70	1881
	PROMEDIO	18.20	181	208	104	63	1511
	MINIMO	12.5	128	192	96	56	1028
<b>BASE</b>	MAXIMO	19.12	191	196	97	54.98	1712
	PROMEDIO	15.25	165	185.2	92.6	51	1196
	MINIMO	11.32	114	182	91	49	1013
<b>SOBREMASA</b>	MAXIMO	16.9	171	165	82.5	41	1236
	PROMEDIO	11.23	118	124.6	62.3	38	1108
	MINIMO	8.16	82.40	152	76	37	828

### 3.7.5.3. ENSAYO DE FLEXIÓN

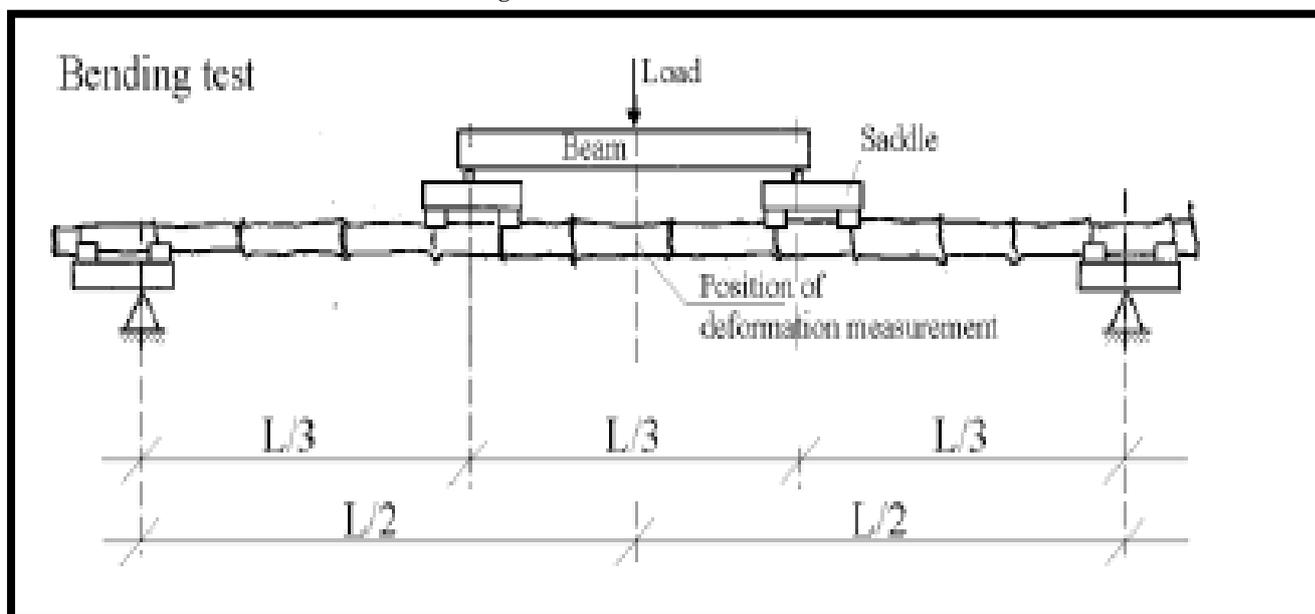
Especifica un método para encontrar el valor de la tensión última de flexión de los culmo de caña guadua, en los cuales se determina: la capacidad de flexión de las muestras de caña en cuatro puntos diferentes, la curva de carga frente a la deflexión vertical y el módulo de elasticidad de las muestras.

#### 3.7.5.3.1. MÁQUINA UTILIZADA

Se utiliza una maquina con la capacidad para medir la carga con una aproximación del 1% y la deflexión con aproximación milimétrica.

Se debe aplicar una carga en la distancia media entre los centros de soporte de la máquina, este ensayo debe ser de flexión en cuatro puntos, se debe dividir la carga en dos mitades mediante una viga especialmente diseñada para esta máquina. Para que no exista aplastamiento del culmo, las mitades de las cargas y la fuerza se la deben aplicar directamente a los nudos de la muestra.

Imagen # 37 ENSAYO DE FLEXIÓN



### 3.7.5.3.2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL ENSAYO

Para el ensayo de flexión los culmo no deben tener defectos visibles, además para lograr una falla en flexión el espacio libre debe ser de al menos  $30 \cdot D$ , donde D es el diámetro externo de la caña guadua.

La longitud total del culmo tiene que ser mínimo esta longitud libre, más en cada extremo la mitad de la longitud del espacio entre nudos.

**Imagen # 38 MEDICIÓN DE DIÁMETRO**



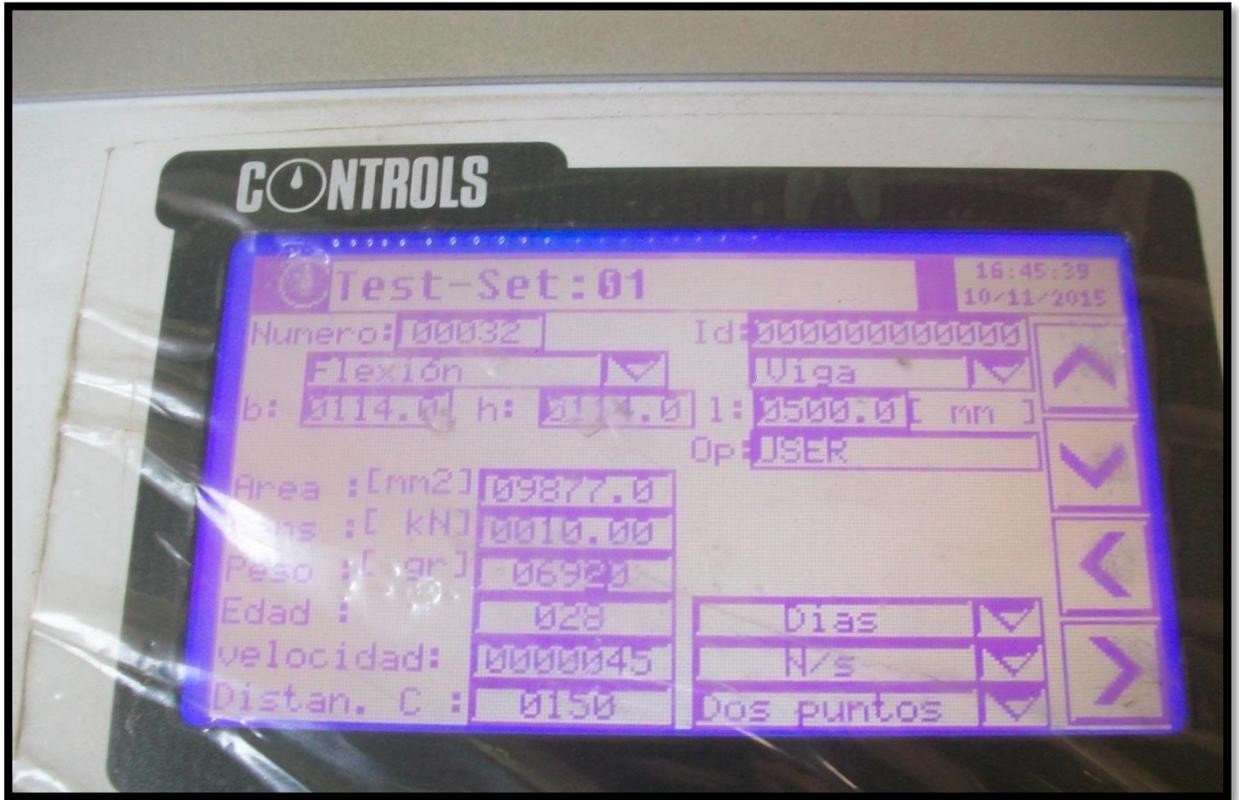
**Imagen # 39 MEDICIÓN DE LONGITUD**



### 3.7.5.3.3. PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR EL ENSAYO

1. Se debe determinar el valor medio del diámetro externo D y el espesor de pared.
2. Se debe ingresar algunas características físicas de la caña guadua.

Imagen # 40 INGRESO DE DATOS



3. Se debe colocar el culmo en la máquina de ensayo, apoyado sobre dos dispositivos en los dos soportes, logrando que este encuentre su propia posición. Después ubique los dos dispositivo y la viga que divide la carga en la parte superior del culmo y nuevamente permita que el culmo encuentre su posición, se debe alinear visualmente el culmo, los cuatro dispositivos, la carga y los soportes sobre un solo plano vertical.



## RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXION

Tabla # 9 RESULTADO ENSAYO FLEXIÓN CANTÓN SANTA ANA

PARTES CAÑA GUADÚA	PROMEDIOS	( MPA)	(KG /CM <sup>2</sup> )	LONGITUD	∅	∅	PESO ( GR)
				( MM)	EXTERIOR ( MM)	INTERIOR ( MM)	
CEPA	<b>MÁXIMO</b>	<b>8,48</b>	<b>91,58</b>	<b>800</b>	<b>108</b>	<b>90</b>	<b>3685</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>4,25</b>	<b>53,46</b>	<b>800</b>	<b>102,6</b>	<b>84,6</b>	<b>3080</b>
	<b>MÍNIMO</b>	<b>2,5</b>	<b>27</b>	<b>800</b>	<b>100</b>	<b>83</b>	<b>2331</b>
BASA	<b>MÁXIMO</b>	<b>3,90</b>	<b>42,12</b>	<b>800</b>	<b>105,2</b>	<b>86</b>	<b>3676</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>2,6</b>	<b>28,08</b>	<b>800</b>	<b>101</b>	<b>83</b>	<b>2700</b>
	<b>MÍNIMO</b>	<b>1,9</b>	<b>20,52</b>	<b>800</b>	<b>98,5</b>	<b>80,4</b>	<b>2005</b>
SOBRE BASA	<b>MÁXIMO</b>	<b>2,6</b>	<b>28,08</b>	<b>800</b>	<b>108</b>	<b>84</b>	<b>3266</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>2,28</b>	<b>24,67</b>	<b>800</b>	<b>102,5</b>	<b>81,5</b>	<b>2961</b>
	<b>MÍNIMO</b>	<b>1,97</b>	<b>21,27</b>	<b>800</b>	<b>97</b>	<b>79</b>	<b>2656</b>

**Tabla # 10 RESULTADO ENSAYO FLEXIÓN CANTÓN OLMEDO**

PARTES CAÑA GUADÚA	PROMEDIOS	( MPA)	(KG /CM <sup>2</sup> )	LONGITUD ( MM)	Ø EXTERIOR ( MM)	Ø INTERIOR ( MM)	PESO ( GR)
CEPA	<b>MÁXIMO</b>	<b>8,3</b>	<b>89,64</b>	<b>800</b>	<b>105,4</b>	<b>90,5</b>	<b>3673</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>4,32</b>	<b>46,65</b>	<b>800</b>	<b>103,23</b>	<b>84,25</b>	<b>3079</b>
	<b>MÍNIMO</b>	<b>2,8</b>	<b>30,24</b>	<b>800</b>	<b>100,22</b>	<b>83</b>	<b>2323</b>
BASA	<b>MÁXIMO</b>	<b>3,56</b>	<b>38,44</b>	<b>800</b>	<b>106,21</b>	<b>86,05</b>	<b>3590</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>2,45</b>	<b>26,46</b>	<b>800</b>	<b>101,25</b>	<b>85,02</b>	<b>2687</b>
	<b>MÍNIMO</b>	<b>1,87</b>	<b>20,19</b>	<b>800</b>	<b>98,55</b>	<b>81,4</b>	<b>2012</b>
SOBRE BASA	<b>MÁXIMO</b>	<b>2,56</b>	<b>27,64</b>	<b>800</b>	<b>108,23</b>	<b>82,5</b>	<b>3261</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>2,43</b>	<b>26,24</b>	<b>800</b>	<b>103,44</b>	<b>80,25</b>	<b>2952</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>2,3</b>	<b>24,84</b>	<b>800</b>	<b>98,65</b>	<b>78</b>	<b>2643</b>

### **3.7.6. DISEÑO TÉCNICO DE LA MÁQUINA CANTEADORA Y CEPILLADORA DE LA CAÑA GUADUA**

La tecnología para aprovechar la producción de caña guadua, ya sea en construcción o carpintería, avanza rápidamente en el mundo, construyendo un sin número de máquinas de diferentes tamaños y formas, pero todas para el mismo propósito industrializar la producción de la caña guadua.

Los pasos para la industrialización, se hablaron en el capítulo anterior, para llegar al producto terminado que se desea, pasa por un sin número de procesos, pero en el que se proyecta en este trabajo es el de cantar y cepillar tablillas de caña guadua, las mismas que como ya es de conocimiento tienen diferentes dimensiones en espesor y ancho. Que van de 30 a 45 mm de ancho y de 13 a 9 mm de espesor.

Para ello se desea diseñar una máquina que sea capaz de cantar y cepillar las cuatros caras de las tablillas de caña guadua, obteniendo cantos sumamente paralelos y un cepillado perfecto.

A continuación se muestran unas series de imágenes con diferentes perspectivas del diseño de la máquina canteadora y cepilladora, que se realizó en el actual trabajo de titulación, dichas imágenes muestran el funcionamiento de la máquina, así como la función individual de cada componente de dicha máquina.

Imagen # 43 DISEÑO DE LA MAQUINA CANTEADORA Y CEPILLADORA

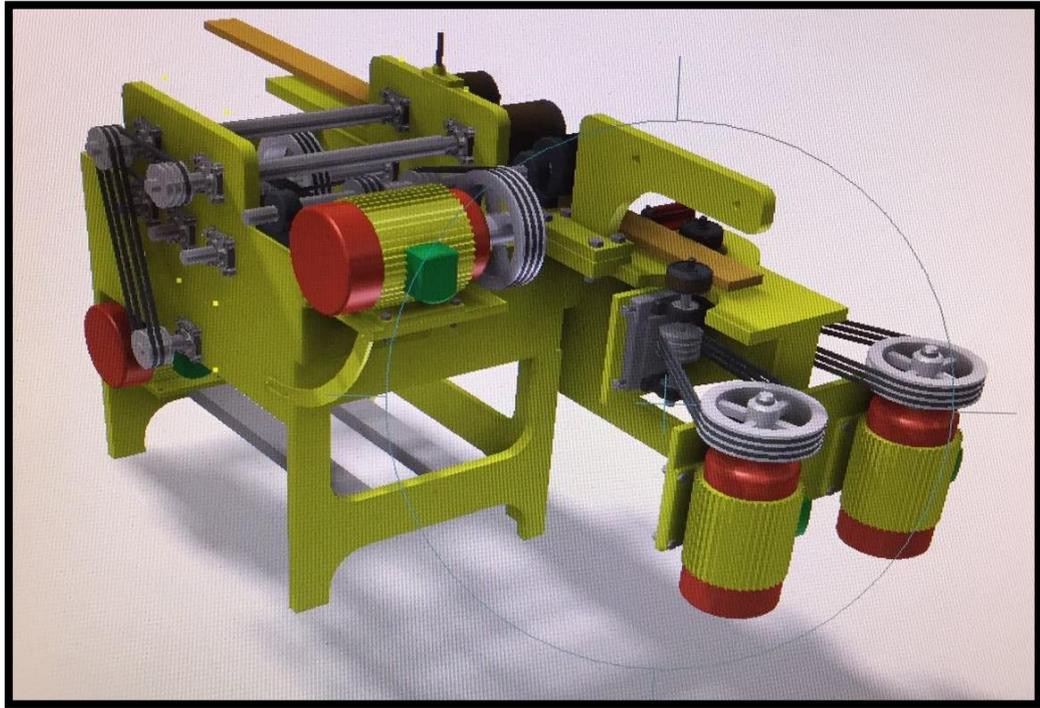
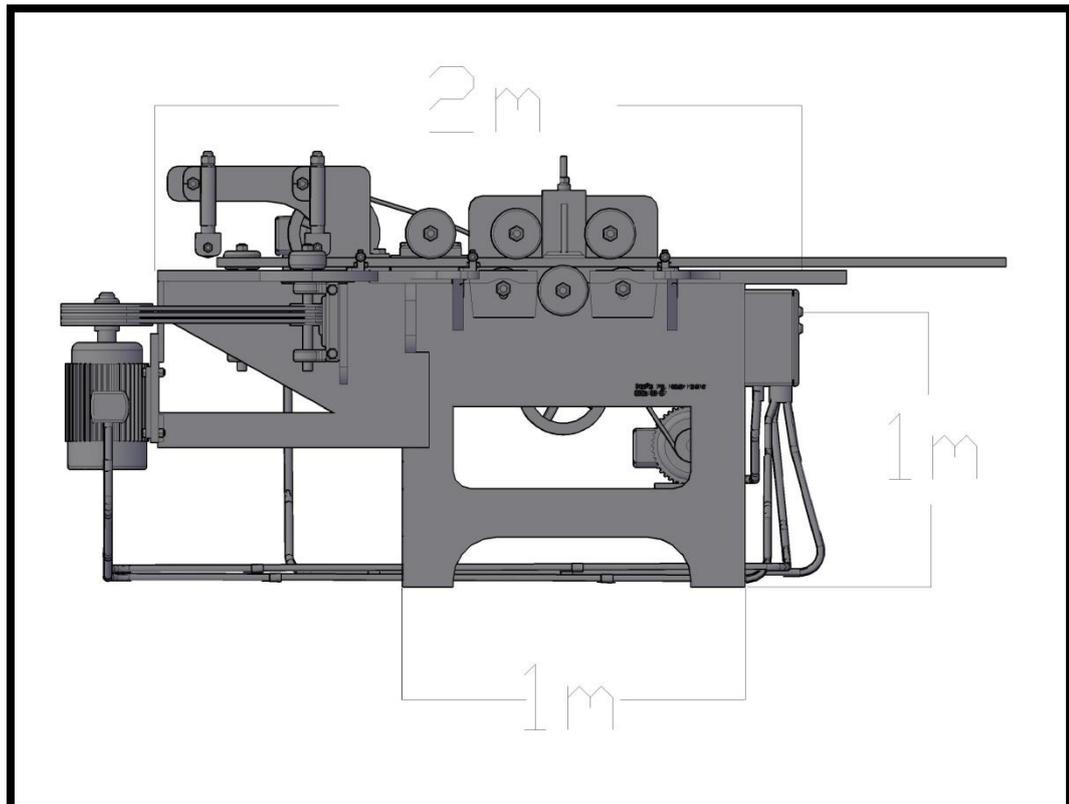
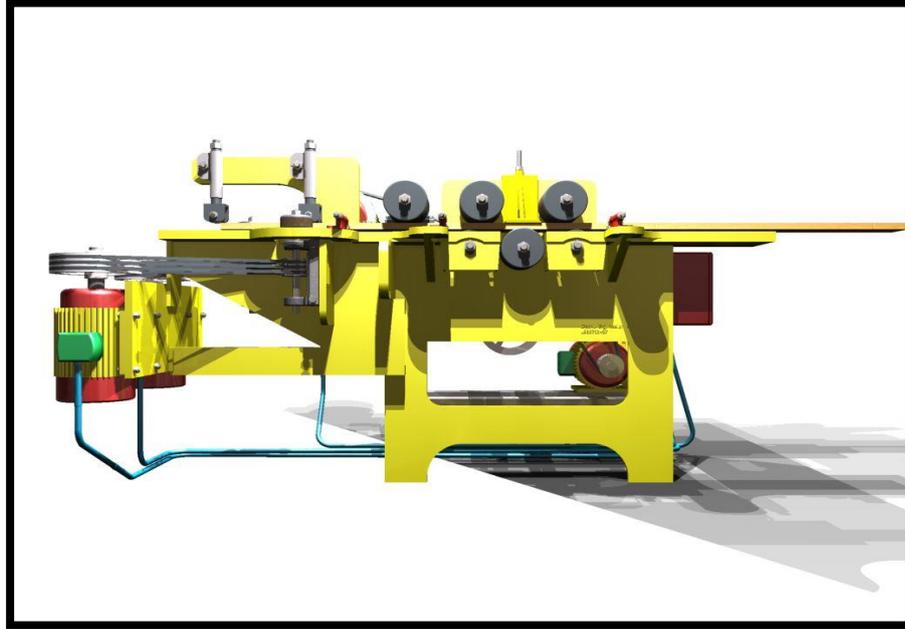


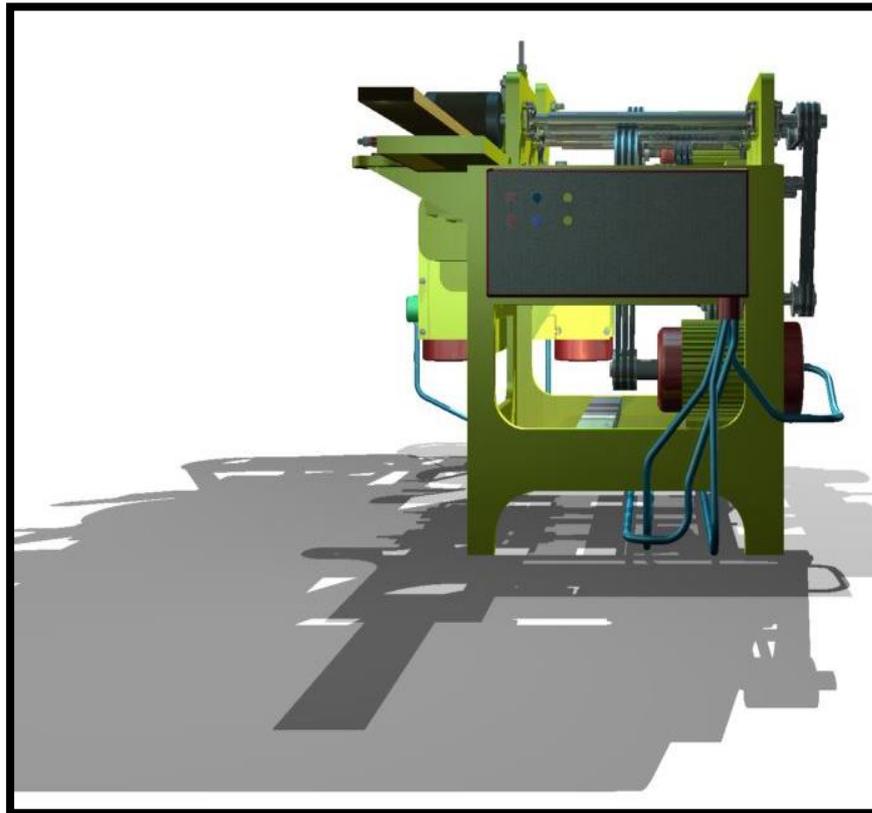
Imagen # 44 VISTA LATERAL DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA



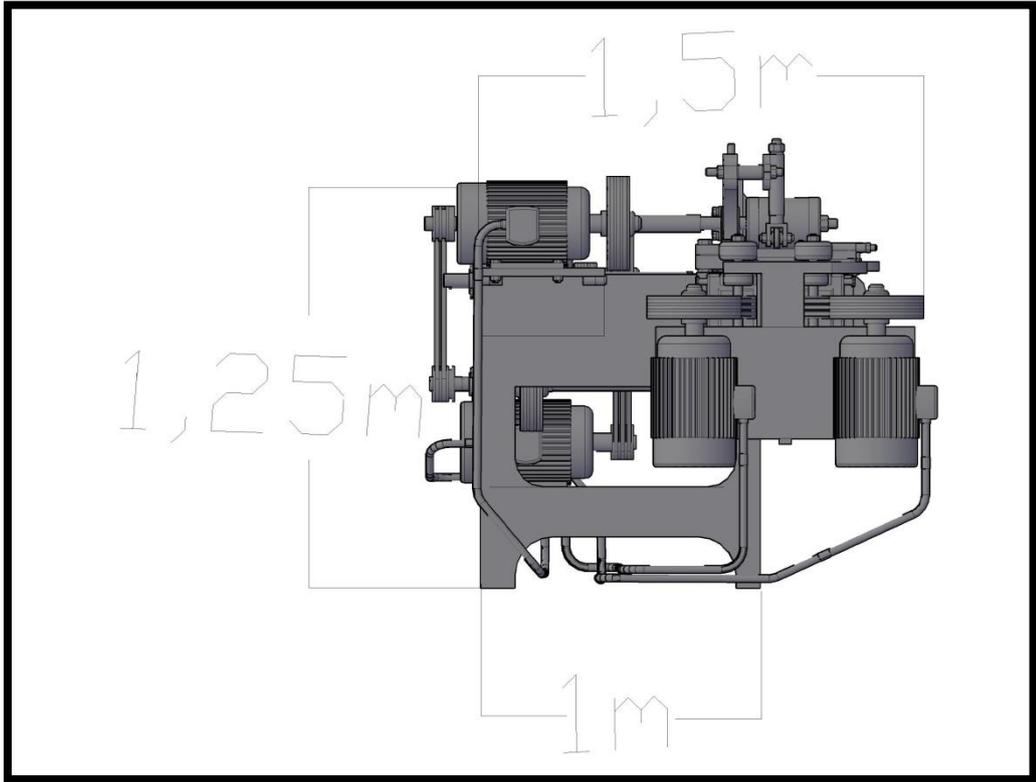
**Imagen # 45 VISTA LATERAL DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA**



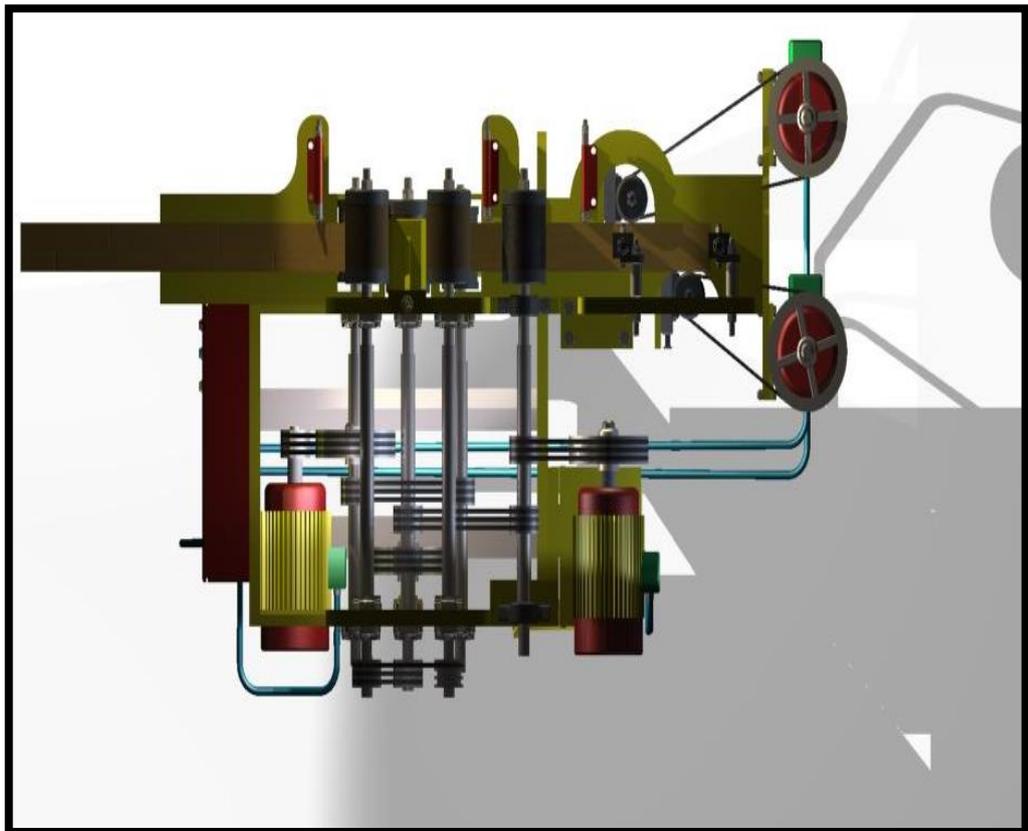
**Imagen # 46 VISTA POSTERIOR DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA**



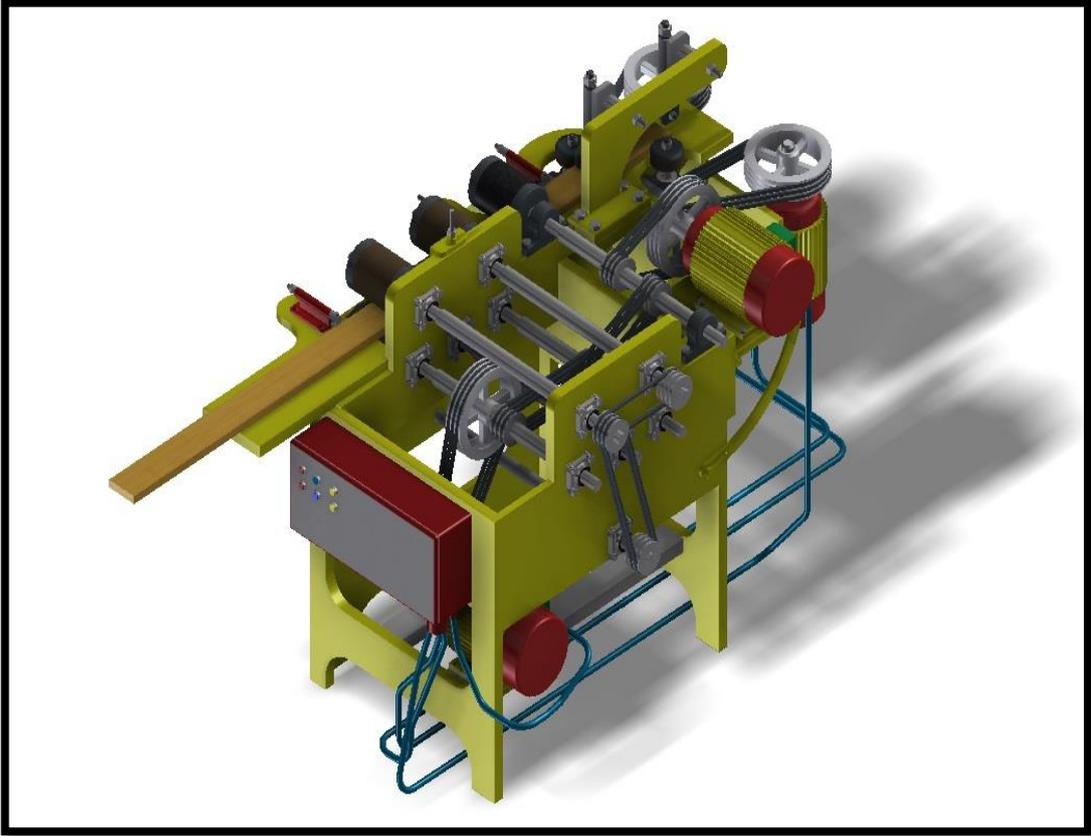
**Imagen # 47 VISTA FRONTAL DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA**



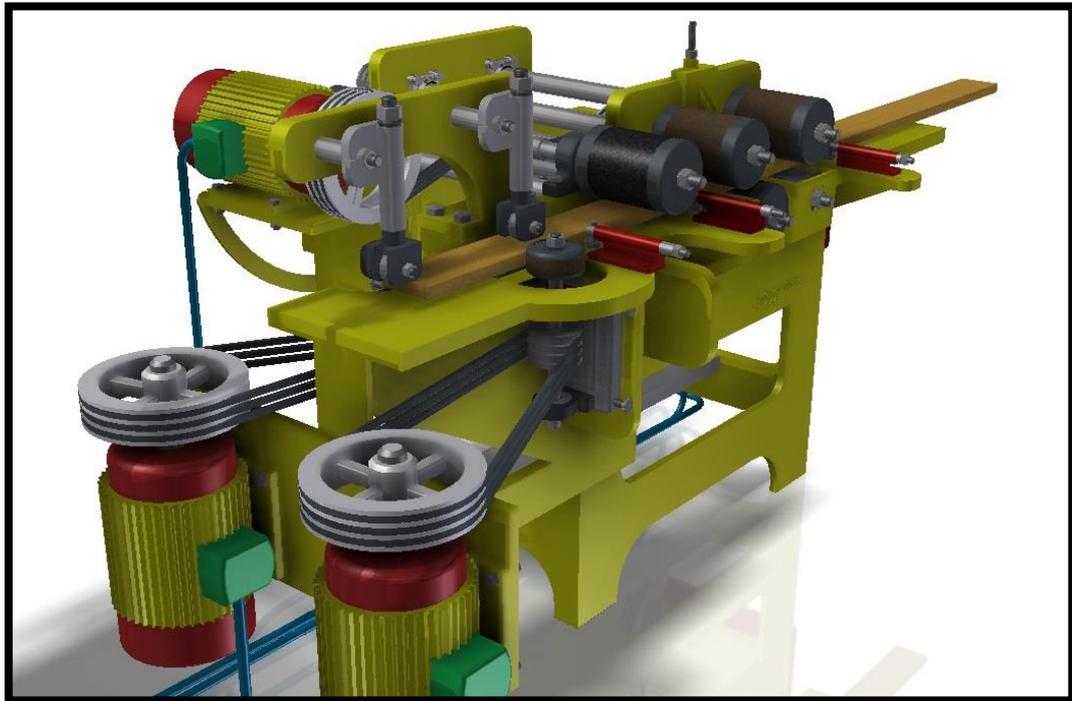
**Imagen # 48 VISTA SUPERIOR DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA**



**Imagen # 49 VISTA ISOMÉTRICA DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA**



**Imagen # 50 VISTA ISOMÉTRICA DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA**



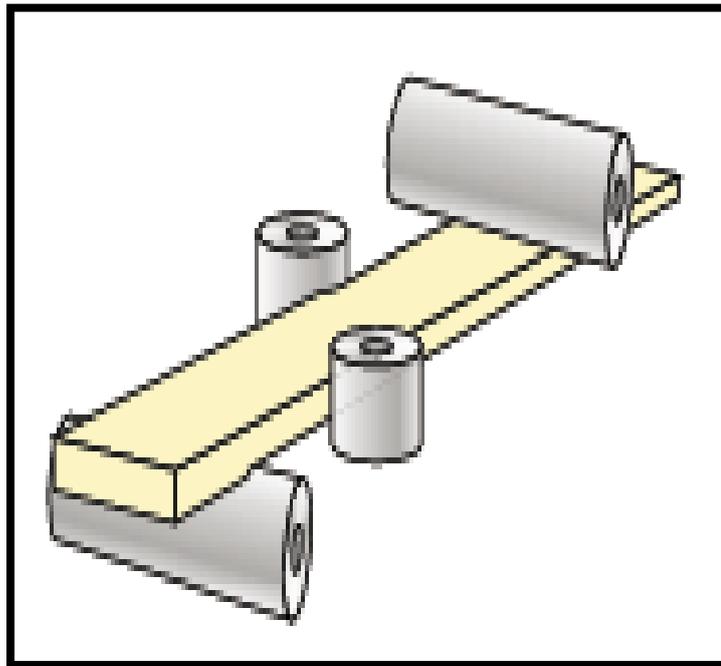
### 3.7.6.1. FUNCIONES DE LA MÁQUINA

El canteado en las tablillas de caña guadua se lo realiza con el fin de tener cantos parejos y así poder ser ensambladas con exactitud, ya sea para hacer tablonos, tablas o perfiles para vigas y columnas.

El cepillado se lleva a cabo para lograr obtener dimensiones requeridas y que a su vez tengan un alisado perfecto de ambas caras de las tablillas para la hora de prensarlas y pegarlas no presente deformaciones entre las tablillas.

Estas funciones de la maquina se las lograra al obtener mediante 4 ejes con cuchillas de cortes especialmente diseñadas para caña guadua, accionados por un motor para cada eje.

**Imagen # 51 PROYECCIÓN DE UBICACIÓN DE RODILLOS**



El funcionamiento es fácil, solo se debe introducir las tablillas de caña guadua pre dimensionadas por la entrada a la máquina de forma manual, introduciéndola por la guía que llevara un rodillo de avance que la llevara directamente a los ejes que contienen las cuchillas girando a altas rpm que permitirá obtener un cepillado uniforme y lizo.

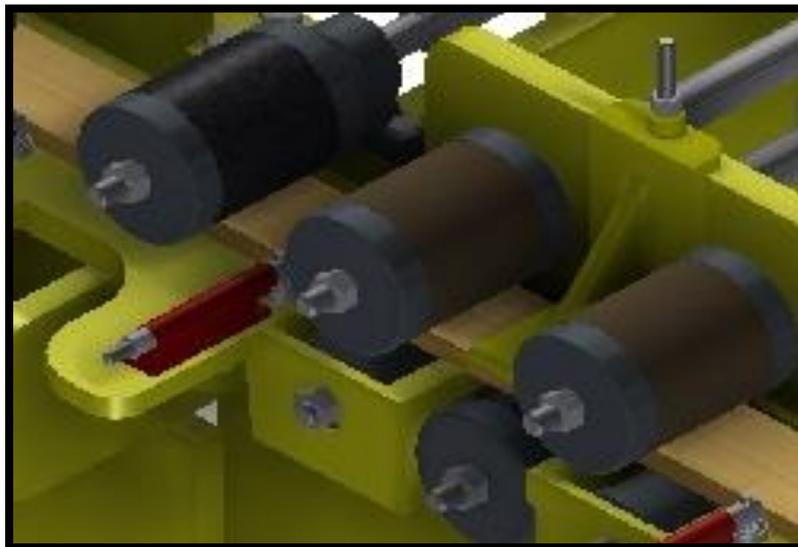
## **EJES CEPILLADORES Y CANTEADORES**

Tanto el canteado como el cepillado, se usan para reducir el espesor y ancho para dejar a una medida adecuada las tablillas. Para aquello según un estudio es factible usar dos ejes para cepillar y dos para canteo.

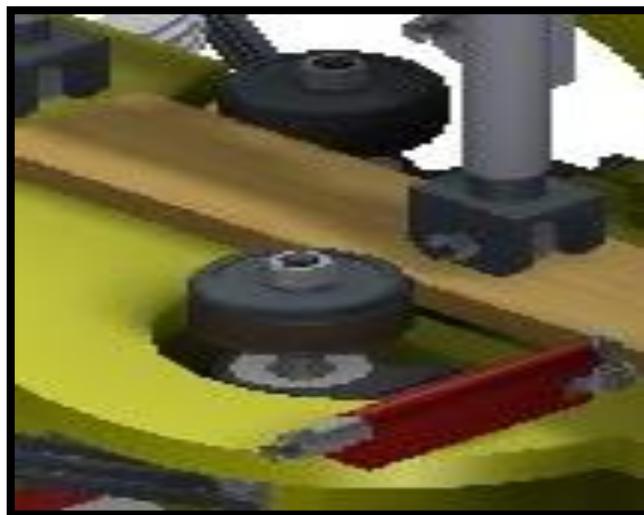
La ventaja que otorga este diseño es, que solo se deberá pasar una sola vez la tablilla lo que hace reducir el tiempo de trabajo.

La desventaja es que se deberán usar cuatro motores lo que representa un mayor consumo de energía.

**Imagen # 52 RODILLOS CEPILLADORES**



**Imagen # 53 RODILLOS DE CANTEO**



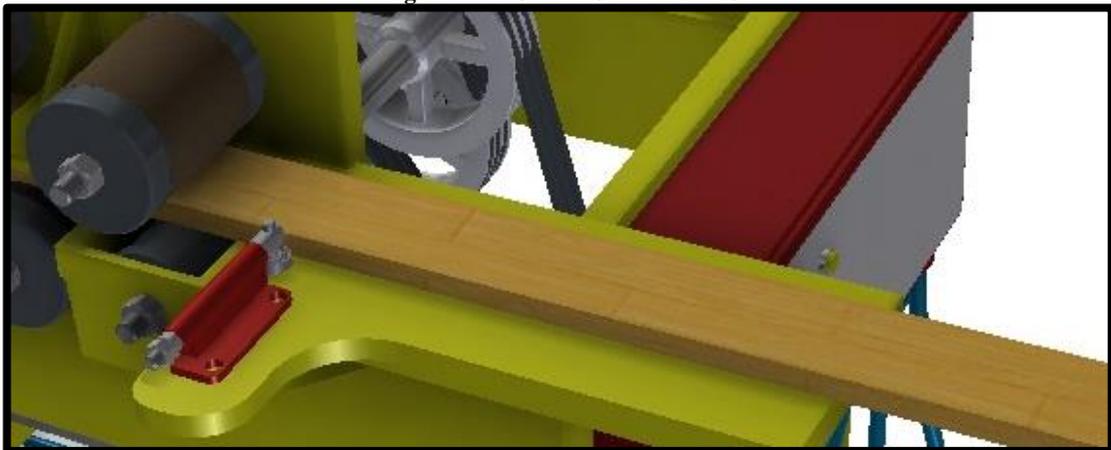
## **RODILLO DE AVANCE**

Los rodillos de avance tienen la función es de llevar a las tablillas de caña guadua, a los ejes porta cuchillas, y que se realice el canteado y cepillado de estas, por lo que la velocidad de avance de la maquina será determinada por la velocidad del rodillo de avance.

La velocidad de los rodillos será fija ya que en este tipo de tablillas de caña guadua las dimensiones no cambian por mucho, esta velocidad debe ser mayor que la de corte.

Generalmente los rodillos de avance están diseñados con dientes de 1 mm para poder tener mayor agarre, esto causaría un mayor cepillado o dañara la tablilla, pero en el caso de este diseño los rodillos estarán recubiertos de caucho, donde la sujeción por rozamiento no dañara el área a pulir y además el recubrimiento de caucho presenta la ventaja de ser más económico y no va a variar el rango de profundidad de cepillado.

**Imagen # 54 RODILLO DE AVANCE**



### **3.7.6.2. PARAMETROS DE DISEÑO**

El diseño va a estar proyectado en función de la materia prima a trabajar y del fin que pueda realizar en las tablillas de caña, partiendo de un análisis de la velocidad de corte, así como la selección de los elementos mecánicos a usar y las herramientas de corte adecuada, de la cual va a depender un buen acabado superficial.

### 3.7.6.3. PARAMETROS FUNDAMENTALES

La potencia que debe tener el motor eléctrico es la que se debe calcular, y está dividida en dos partes, la potencia de corte (cepillado y canteado) y la potencia de los rodillos de avance. Para conocer la potencia de corte, primero se debe saber la fuerza de corte. Después de lograr obtener la potencia del motor, se diseña la transmisión de potencia.

#### 3.7.6.3.1. VELOCIDAD DE CORTE

Dependiendo de la dureza de las tablillas a cepillar (dependerá de la zona de producción) se adopta unas variables entre 10-30m/min. Pero para el estudio utilizaremos la velocidad de 24m/s que está dentro del rango recomendado para maderas blandas.

Tabla# 11 velocidades de corte recomendadas según el material

TIPO DE MATERIAL A CORTAR	VELOCIDAD DE CORTE RECOMENDADA
Cortes longitudinales en maderas blandas	10-30 m/min
Cortes transversales en maderas solidas	10-20 m/min
Corte en maderas duras y tableros aglomeradas	5-10 m/min

#### 3.7.6.3.2. VELOCIDAD DE AVANCE

La velocidad de avance debe ser menor que la de corte, generalmente no se usan velocidades de avances mayores a 10m/seg. Para el estudio de este trabajo de titulación utilizaremos una velocidad de avance igual a 10m/seg, que está dentro del rango permitido.

#### 3.7.6.3.3. NUMERO DE CUCHILLAS DEL EJE

Para el diseño de esta máquina, se provee que va a estar dotada de 4 cuchillas por eje, que nos dará un acabado superficial muy bueno. Se podría escoger 6 cuchillas pero aumentaría la potencia por lo que sería una desventaja.

**Tabla # 11 NUMERO DE CUCHILLAS CON SU ACABADO SUPERFICIAL**

<b>NUMERO DE CUCHILLAS</b>	<b>ACABADO SUPERFICIAL</b>
2	MEDIO
4	ALTO
6	MUY ALTO

#### **3.7.6.3.4. PROFUNDIDAD DE CORTE.**

$$PC=E-e$$

Donde **E** es el espesor inicial con el que ingresa la tablilla y **e** es el espesor final con el que sale la tablilla de la máquina.

Se debe calcular la profundidad de corte de los rodillos canteador y cepillador.

Para este tipo de trabajos es recomendable que las profundidades sean de 0.5mm a 1 mm, por lo que las tablillas ya vienen previamente rectificadas y no hay que cepillarlas mucho.

#### **3.7.6.3.5. PROFUNDIDAD DE CORTE DE RODILLOS CEPILLADORES.**

$$PC = 13cm - 11cm$$

$$PC = 0.2cm = 2mm$$

Como son dos rodillos, la profundidad de corte de cada cepillo será de 1mm.

La profundidad de corte siempre será de 1mm si por algún caso se procesan latillas de un mayor o menor espesor, solo se regulan los rodillos de la máquina para estos espesores.

### **3.7.6.3.6. PROFUNDIDAD DE CORTE DE RODILLOS CANTEADORES.**

$$PC = 45cm - 44.5cm$$

$$PC = 0.5cm = 5mm$$

Como son dos rodillos, la profundidad de corte de cada cepillo será de 2.5 mm.

La profundidad de corte siempre será de 1mm si por algún caso se procesan latillas de un mayor o menor espesor, solo se regulan los rodillos de la máquina para estos espesores.

Para este tipo de trabajos es recomendable que las profundidades sean de 0.5cm a 5 mm, por lo que las tablillas ya vienen previamente rectificadas y no hay que cepillarlas mucho.

### **3.7.6.3.7. DIÁMETRO DEL EJE PORTA CUCHILLAS**

Como es un trabajo liviano (debido a las dimensiones de la tablilla) se recomienda que el diámetro sea de 100 mm, ya que si es más pequeño podría romperse o fracturarse ya que las cuchillas lo debilitarían.

### **3.7.6.3.8. NUMEROS DE REVOLUCIONES DEL EJE PORTA CUCHILLAS**

Actualmente se encuentran cepilladora que logran revoluciones hasta 6000 RPM, pero al girar rápidamente la mayor cantidad de potencia se perdería en el giro del eje porta cuchillas, estas revoluciones son recomendadas para ejes con 6 cuchillas.

Para este diseño se utiliza una velocidad de 3300RPM que es una velocidad recomendada para un alto cepillado.

### **3.7.6.4. ESFUERZO DE CORTE**

El esfuerzo de corte depende de la fuerza que se requiere para cortar la caña guadua, el espesor medio de la viruta y la anchura del planeado.

### 3.7.6.4.1. ESFUERZO DE CORTE PARA EL CEPILLADO:

$$F_C = F_{ec}H_m b$$

Dónde:

$F_C$  = Esfuerzo de corte

$F_{ec}$  = Fuerza específica de corte (según el ensayo de corte paralelo a la fibra es de 3.2 kg/mm<sup>2</sup>).

$H_m$  = espesor medio de la viruta (2mm)

b = Anchura del planeado (45mm)

$$F_C = 3.2 \text{ Kg/mm}^2 * 2\text{mm} * 45\text{mm}$$

$$F_C = 288\text{Kg}$$

$$F_C = 288 \text{ Kg} * \frac{9.8\text{N}}{1\text{Kg}}$$

$$F_C = 2825.28 \text{ N}$$

La fuerza máxima, es el doble de la fuerza de corte.

$$F_{max} = 2F_C$$

$$F_{max} = 5650.56 \text{ N}$$

### 3.7.6.4.2. ESFUERZO DE CORTE PARA EL CANTEADO

$F_{ec}$  = Fuerza específica de corte (según el ensayo de corte paralelo a la fibra es de 3,2  $kg/mm^2$ ).

$H_m$  = espesor medio de la viruta (5mm)

b = Anchura del planeado (13mm)

$$F_C = F_{ec} H_m b$$

$$F_C = 3,2 \frac{Kg}{mm^2} * 5mm * 13mm$$

$$F_C = 208 Kg$$

$$F_C = 208Kg * \frac{9,8N}{1Kg}$$

$$F_C = 1892,8N$$

$$F_{max} = 3785,6$$

### 3.7.6.5. POTENCIA ÚTIL

La potencia útil o potencia absorbida en el corte, puede calcularse, tomando en cuenta la fuerza específica de corte, la velocidad de avance y el área de viruta desprendida.

$$P_C = \frac{F_{ec} * v_a * A}{60 * 10^2}$$

### 3.7.6.6. POTENCIA UTIL DEL MOTOR DE CEPILLADO

A= área de viruta desprendida

$$A = a * b$$

$$A = 2mm * 300mm$$

$$A = 600mm^2$$

$$P_c = \frac{F_{ec} * v_a * A}{60 * 102}$$

$$P_c = \frac{3,2 Kg/mm^2 * 10 m/min * 600mm^2}{60 * 102}$$

$$P_c = 3,13Kw$$

### 3.7.6.6.1. POTENCIA ÚTIL DEL MOTOR DE CANTEADO

A= área de viruta desprendida

$$A = a * b$$

$$A = 2.5 * 300$$

$$A = 750$$

$$P_c = \frac{F_{ec} * v_a * A}{60 * 102}$$

$$P_c = \frac{3,2 * 10 m/min * 750mm^2}{60 * 102}$$

$$P_c = 3.92 \text{ Kw}$$

### 3.7.6.6.2. POTENCIA REAL DEL MOTOR

Generalmente la potencia de los motores se calcula a partir del rendimiento  $n$ , se usa un valor que está comprendido entre 0,75 y 0,8. Para este trabajo se toma  $n=0.8$

### 3.7.6.6.3. POTENCIA REAL DEL MOTOR DE CEPILLADO

$$n = \frac{P}{P_m}$$

$$P_m = \frac{P}{n}$$

$$P_m = \frac{3,13 \text{ Kw}}{0,8}$$

$$P_m = 3,91 \text{ Kw} = 5,20 \text{ HP}$$

Cada rodillo cepilladora utilizara un motor de 5.20 HP

### 3.7.6.6.4. POTENCIA REAL DEL MOTOR DE CANTEADO

$$n = \frac{P}{P_m}$$

$$P_m = \frac{P}{n}$$

$$P_m = \frac{3,92 \text{ Kw}}{0,8}$$

$$P_m = 4,9 \text{ Kw} = 6,51 \text{ HP}$$

Cada rodillo canteador utilizara un motor de 6.5 Hp.

### 3.7.6.6.5. POTENCIA DE LOS RODILLOS DE AVANCE

Supongamos que la fuerza que va a soportar los rodillos es de 9 kg por cada 100 de anchura a cepillar.

Por lo tanto la fuerza será:

$$F = 9 \text{ kg} * \frac{100 \text{ mm}}{30 \text{ mm}}$$

$$F = 30 \text{ Kg}$$

$$F = 294.3 \text{ N}$$

Una vez que se conoce la fuerza y la velocidad de avance, se procede a conocer la potencia de avance mediante la fórmula.

$$P = \frac{F v_a}{33000}$$

$$P = \frac{294.3 * 10}{33000}$$

$$P = 0,089 \text{ Kw}$$

$$n = \frac{P_{a'}}{P_a}$$

$$P_{a'} = n * P_a$$

$$P_m = 0,8 * 0,089 \text{ HP}$$

$$P_m = 0.071 \text{ KW}$$

Como tiene dos rodillos de avance, la potencia del motor se la debe multiplicar por dos.

$$P_m = 0,14KW = 0.24HP$$

$$P_{Ta} = P_m + P_a,$$

$$P_{Ta} = 6.5 HP + 0.24 HP$$

$$P_{Ta} = 6.74HP = 7HP$$

Como comercialmente no se encuentran disponibles motores de 6.74 Hp, se recomienda usar un motor de 7 Hp, que va a ser la potencia de avance de la máquina.

### **3.7.7. VELOCIDAD ANGULAR DE LOS MOTORES DE CANTEADO, CEPILLADO Y RODILLOS DE AVANCE.**

La velocidad angular de estos motores, dependen principalmente de su potencia, a continuación veremos los RPM de los motores que vamos a utilizar en esta máquina.

La siguiente tabla se la realizo tomando en cuenta la potencia de los motores que se tomaron en la valoración técnica-económica del actual trabajo.

**Tabla #2 POTENCIA Y RPM DE MOTORES**

POTENCIA	RPM
7 HP	1720
6.5 HP	1850
5 HP	2300

Como se vio anteriormente, para tener un cepillado y canteado óptimo deseamos tener 3500 RPM y los motores no cumplen con esta velocidad, por lo que es necesario aumentar las revoluciones por medio de poleas.

### **POLEAS DEL MOTOR DE LOS EJES CEPILLADORES**

$$D1N1 = D2N2$$

$$D1 * 2300 = 8 * 3500$$

$$D = \frac{8 * 3500}{2300}$$

$$D = 12.17$$

Se necesita utilizar una polea motriz de 12.17 cm de diámetro y una polea dirigida de 8 cm para conectar el giro del motor hacia un eje cepilladora y dos poleas de 8mm para conectar los dos ejes cepilladores, los cuales giraran en forma anti horaria.

#### **3.7.7.1. POLEAS DE LOS EJES CANTEADORES**

$$D1N1 = D2N2$$

$$D1 * 1850RPM = 8cm * 3500RPM$$

$$D = \frac{8cm * 3500RPM}{1850RPM}$$

$$D = 15,13cm$$

Como se va a utilizar un motor para cada eje canteador, se va a utilizar una polea de 15,13 cm para cada eje motriz y una polea de arrastre de 8cm de diámetro para cada eje canteador de la máquina.

#### **3.7.7.2. POLEAS DE LOS EJES DE ARRASTRE**

$$D1N1 = D2N2$$

$$D1 * 1720 RPM = 8cm * 2000RPM$$

$$D = \frac{8cm * 2000RPM}{1720RPM}$$

$$D = 9,30\text{cm}$$

Se utilizaran una polea motriz de 9.30 cm y 3 poleas de arrastre de 8 cm para los ejes de arrastre de la máquina canteadora.

### **3.7.8. CÁLCULOS DEL DIAMETRO DE EJES PARA LAS POLEAS Y MEDIDAS DE CHUMACERAS**

#### **3.7.8.1. DIAMETRO DEL EJE PARA LAS POLEAS DE LOS RODILLOS CEPILLADORES**

$$D = \sqrt[3]{\frac{40 * P}{N}}$$

Dónde:

P= potencia en HP

N= número de revoluciones en RPM

$$D = \sqrt[3]{\frac{40 * 5}{3500}}$$

$$D = 0,92\text{Pulg} = 1 \text{ pulg} = 25.4\text{mm}$$

#### **3.7.8.2. DIAMETRO DEL EJE PARA LAS POLEAS DE LOS RODILLOS CANTEADORES**

$$D = \sqrt[3]{\frac{40 * 6.5}{N}}$$

$$D = 0.97\text{Pul} = 25.4\text{mm}$$

### **3.7.8.3. DIAMETRO DEL EJE PARA LAS POLEAS DE LOS RODILLOS DE ARRASTRE**

$$D = \sqrt[3]{\frac{40 * 7}{2000}}$$

$$D = 1,1pul = 25.4mm$$

### **3.7.8.4. SELECCIÓN DE CHUMACERAS**

Basándose en el cálculo del eje para los rodillos canteadores, cepilladores y de arrastre, vemos que los tres van a utilizar un eje de 25,4 mm de diámetro, por lo tanto propone utilizar chumaceras de para ejes de esta medida (25,4 mm) que según el catalogo ASAHI se la encuentra con el nombre de UCP 205.

## **3.7.9. CALCULO DE BANDAS**

### **3.7.9.1. BANDA PARA EL SISTEMA DE CEPILLADO**

#### **3.7.9.1.1. CALCULO DE LA BANDA QUE CONECTA EL EJE DEL MOTOR CON UN EJE CEPILLADOR**

Diámetro primitivo polea<sub>1</sub>=12,17cm

Potencia del motor=5

Rpm=2300

Diámetro primitivo polea<sub>2</sub>=8Cm

Rpm=3500

### 3.7.9.1.2. DISTANCIA ENTRE CENTROS

$$D_1 \leq C \leq 3(D_1 + D_2)$$

$$12,17\text{cm} \leq C \leq 3(12,17 + 8)\text{cm}$$

$$12,17\text{cm} \leq C \leq 60,51\text{cm}$$

Se debe elegir la distancia en un rango comprendido entre estos valores

$$C=60\text{cm}$$

### 3.7.9.1.3. LONGITUD PRIMITIVA DE LA BANDA

Está dada por:

$$L = 2C + 1.57 (D_1 + D_2) + \frac{D_1 - D_2}{4C}$$

$$L = 2(60) + 1.57 (12,17 + 8) + \left( \frac{12,17 - 8}{4 * 60} \right)$$

$$L=120 + 31,6+0,05$$

$$L=151,65 \text{ cm}$$

### 3.7.9.2. CALCULO DE LA BANDA QUE CONECTA LOS DOS RODILLOS CEPILLADORES

Diámetro primitivo polea<sub>1</sub>=8cm

Potencia del motor=5HP

Rpm=3500

Diámetro primitivo polea<sub>2</sub>=8Cm

Rpm=3500

#### DISTANCIA ENTRE CENTROS

$$D_1 \leq C \leq 3(D_1 + D_2)$$

$$8\text{cm} \leq C \leq 3(8 + 8)\text{cm}$$

$$8\text{cm} \leq C \leq 48\text{cm}$$

Se debe elegir una distancia entre centros, que este dentro de los rangos del cálculo y que valla de acuerdo al uso de la máquina.

$$C=30\text{cm}$$

### **LONGITUD PRIMITIVA DE LA BANDA**

Está dada por:

$$L = 2C + 1.57 (D_1 + D_2) + \frac{D_1 - D_2}{4C}$$

$$L = 2(30) + 1.57 (8 + 8) + \left(\frac{8 - 8}{4 * 60}\right)$$

$$L=60 + 25.12$$

$$L=85.12 \text{ cm}$$

Se usara una banda de 165,7 cm de longitud para transmitir la velocidad del motor a un eje cepilladora y una banda de 85,12 para transmitir el movimiento de giro de un eje cepilladora a otro.

### **3.7.9.3. CALCULO DE LA BANDA QUE CONECTA EL EJE DEL MOTOR CON EL EJE CANTEADOR**

Diámetro primitivo polea<sub>1</sub>=15,13cm

Potencia del motor=6,5HP

Rpm=1850

Diámetro primitivo polea<sub>2</sub>=8Cm

Rpm=3500

### **DISTANCIA ENTRE CENTROS**

$$D_1 \leq C \leq 3(D_1 + D_2)$$

$$15,13\text{cm} \leq C \leq 3(15.13 + 8)\text{cm}$$

$$15,13\text{cm} \leq C \leq 69,39\text{cm}$$

Se debe elegir una distancia entre centros, que este dentro de los rangos del cálculo y que valla de acuerdo al uso de la máquina.

$$C=60\text{cm}$$

### **LONGITUD PRIMITIVA DE LA BANDA**

Está dada por:

$$L = 2C + 1.57 (D_1 + D_2) + \frac{D_1 - D_2}{4C}$$

$$L = 2(60) + 1.57 (12.86 + 8) + \left( \frac{12.86 - 8}{4 * 60} \right)$$

$$L=120 + 36,37+0,02$$

$$L=156,39 \text{ cm}$$

Se usarán dos bandas con una longitud primitiva de 156,39 cm una para cada motor de los rodillos canteadores.

### **3.7.9.4. CALCULO DE LA BANDA QUE CONECTA EL EJE DEL MOTOR CON EL EJE DEL RODILLO DE ARRASTRE**

Diámetro primitivo polea<sub>1</sub>=9,30cm

Potencia del motor=7HP

Rpm=2000

Diámetro primitivo polea<sub>2</sub>=8Cm

Rpm=1720

### **DISTANCIA ENTRE CENTROS**

$$D_1 \leq C \leq 3(D_1 + D_2)$$

$$9,30\text{cm} \leq C \leq 3(9.30 + 8)\text{cm}$$

$$9.30\text{cm} \leq C \leq 36,9\text{cm}$$

Se debe elegir una distancia entre centros, que este dentro de los rangos del cálculo y que valla de acuerdo al uso de la máquina.

$$C=35\text{cm}$$

### **LONGITUD PRIMITIVA DE LA BANDA**

Está dada por:

$$L = 2C + 1.57 (D_1 + D_2) + \frac{D_1 - D_2}{4C}$$

$$L = 2(35) + 1,57 (9,30 + 8) + \left(\frac{9,30 - 8}{4 * 35}\right)$$

$$L=70 + 27,16+0,009$$

$$L=97.17 \text{ cm}$$

Se usara una banda con una longitud primitiva de 97.17 cm, para trasmitir las revoluciones del motor hacia un eje de un rodillo de avance.

### **3.7.9.5. CALCULO DE LA BANDA QUE CONECTA EL EJE DE LOS RODILLOS DE ARRASTRE**

Diámetro primitivo polea<sub>1</sub>=8cm

Potencia del motor=7HP

Rpm=2000

Diámetro primitivo polea<sub>2</sub>=8Cm

Rpm=2000

### **DISTANCIA ENTRE CENTROS**

$$D_1 \leq C \leq 3(D_1 + D_2)$$

$$8\text{cm} \leq C \leq 3(8 + 8)\text{cm}$$

$$8\text{cm} \leq C \leq 48\text{cm}$$

Se debe elegir una distancia entre centros, que este dentro de los rangos del cálculo y que valla de acuerdo al uso de la máquina.

$$C=25\text{cm}$$

### **LONGITUD PRIMITIVA DE LA BANDA**

Está dada por:

$$L = 2C + 1.57 (D_1 + D_2) + \frac{D_1 - D_2}{4C}$$

$$L = 2(25) + 1,57 (8 + 8) + \left(\frac{8 - 8}{4 * 35}\right)$$

$$L=50 +25.12$$

$$L=75.12 \text{ cm}$$

Se usara una banda con una longitud primitiva de 75,12 cm, para trasmitir las revoluciones de un motor de un eje del rodillo de arrastre hacia el otro.

### 3.7.10. PERFIL ESTRUCTURAL DE LA MÁQUINA

Para elegir adecuadamente un perfil estructural para el parámetro fundamental para diseñar la estructura será el peso de todos los componentes montados sobre ella, que son considerados como carga muerta porque son constante en posición y magnitud así como también la flecha máxima o longitud de la máquina.

**Tabla # 12 PESO DE LOS DIFERENTES COMPONENTES**

COMPONENTES	PESO
MOTOR DE 7 HP	20 Kg
MOTOR DE 6.5 HP	10 Kg
2 MOTORES DE 5 HP	10 Kg
6 EJES DE 25,4X300	12Kg
12 CHUMACERAS UCP 205	8Kg
12 POLEAS (8 DE 8 $\phi$ ,1 DE $\phi$ 9.30,1DE $\phi$ 15.13;1DE $\phi$ 12.17)	8Kg
2 RODILLOS CEPILLADORES	8Kg
2 RODILLOS DE AVANCE	8Kg
2 RODILLOS CANTEADORES	4Kg
OTROS ACCESORIOS	10Kg
TORNILLERIA	12Kg
TOTAL	110Kg

El peso total aproximado de la máquina es de 110Kg y la flecha es de 2 metros, con estos valores procedemos a calcular la estructura de la máquina, esta carga ira uniformemente repartida en la máquina.

Carga=110Kg

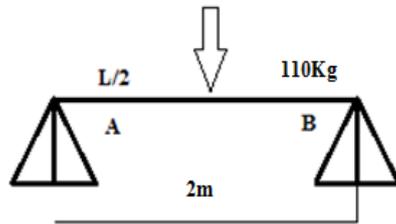
Luz=2m

RA+RB=C

Entonces RA =RB

2RA=C

RA=C/2= 110Kg/2=55Kg



L= Luz

X1= Es una porción de luz

Mfx= Momento de flexión

Rx=Reacción en X

Q= Carga

E= Módulo de acero

Ix= 9800

### Cálculo de momento flector

$$Mfx1 = Ra \cdot X (1 - X/L)$$

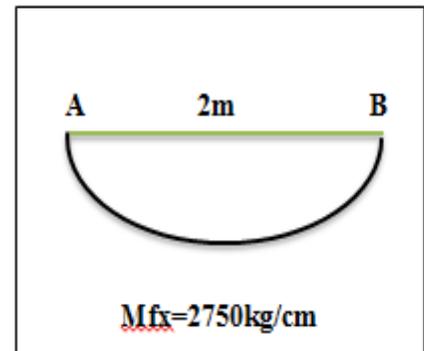
$$= 55Kg \cdot 100cm (1 - (100cm/200cm))$$

$$= 2750Kg/cm=27.50kg/m$$

$$Rx = \frac{\text{Momento Flector}}{\text{Tensión de trabajo}} = \frac{2750Kg \cdot cm}{600Kg \cdot cm^2} = 17.538cm^3$$

$$Fmx = \frac{L}{700} = \frac{200cm}{700} = 0,29cm$$

$$Fm = \frac{5 \cdot Q \cdot L^3}{38.4 \cdot E \cdot Ix} = \frac{4.32 \cdot 10^{11}}{8064 \cdot 9800} = 0.036cm \text{ (flecha máxima)}^{20}$$



Según el cálculo de la flecha máxima el valor calculado es de 27,5 kg/m, con este valor y guiándose en el catálogo de acero dipac, encontramos que el perfil adecuado es el IPN 220 que tiene una flecha máxima de 31.10 Kg/cm que es el valor que más se acerca a nuestro cálculo.

<sup>20</sup> Larburu Arrizabalaga, N. (1994). Máquinas. Prontuario. Técnicas, maquinas, herramientas. Madrid: Paraninfo, | c1994, 6th ed.

### **3.7.11. ELECCIÓN DEL TIPO DE ACEROS DE LAS CUCHILLAS**

El material para la fabricación de las cuchillas de cepillado y canteado, es de acero al carbono, para maquinaria de alto acabado, conocido como acero 1045, según las propiedades mecánicas, su resistencia a la tracción es de  $60\text{kg/mm}^2$ , su límite elástico es de  $160\text{kg/mm}^2$  en trabajo caliente, por lo que no tendría problemas en trabajar con normalidad en la máquina, estos valores fueron tomados de la tabla de aceros para hacha Stell que se mostrara en el anexo de este trabajo de titulación.

### 3.8. VALORACIÓN TÉCNICA-ECONÓMICA DE LA MÁQUINA

Concluido el diseño técnico de la máquina, y analizado cada uno de los componentes que están inmersos en el diseño, se propone realizar una valoración económica de cada componente, así como del costo tentativo de construcción ya que esto no está incluido en el estudio, porque se trata de presentar un diseño más no una construcción de la misma.

La valoración económica se la realiza con la función de dar a conocer el costo total de la máquina, para ver si es viable su fabricación en el medio.

COMPONENTE	CANT.	DETALLE	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
Motor	1	7HP, 1720RPM	220.00	220.00
Motor	1	5HP, 2300RPM	160.00	160.00
Motor	2	6,5HP, 1850RPM	80.00	160.00
Ejes	6	Ejes SAE 1018 de 25,4*300	10.00	60.00
Chumaceras	12	UCP 204	8.00	96.00
Polea	8	8 cm de Diámetro	15.00	120.00
Polea	2	12.86 cm de Diámetro	25.00	50.00
Polea	1	9.30 cm de Diámetro	20.00	20.00
Polea	1	20.93 cm de Diámetro	30.00	30.00
Bandas	6	Diferentes longitud primitiva	20.00	120.00
Electrodos	2Kg	6013 para carpintería mec.	20.00	40.00
Tornillería	40	Juego de pernos varias med.	1.50	60.00
T. de control	1	Incl. protección para motores	150.00	150.00
Cuchillas	16	Varias medidas	5.00	80.00
Rodillo	2	Rodillos de arrastre	25.00	50.00
Rodillo	2	Rodillos de cepillado	40.00	80.00

<b>Rodillos</b>	2	De canteado	30.00	60.00
<b>Pintura</b>	8lt	Varios colores	5.00	40.00
<b>Diluyente</b>	4 Lt	Laca	6.50	26.00
<b>Mano de obra.</b>		Construcción de la maquina	600.00	600.00
<b>Angulo</b>	10mt	Angulo de 100X10X3	6.00	60.00
<b>Ipn 220</b>	2mt	Perfil estructural	100.00	200.00
			<b>TOTAL</b>	<b>2,482.00</b>

## 3.9.SELECCIÓN DE COMPONENTES

### 3.9.1. MOTORES

En ésta máquina se usarán 4 motores, que estarán repartidos de la siguiente manera:

1 Motor de 2hp, que estará conectado hacia los rodillos de avance de la máquina.

1 Motor de 1hp, que estará conectado en los dos rodillos cepilladores.

2 Motores de 1/4hp, que estarán conectados uno en cada rodillo de la cepilladora.

**Imagen # 55 MOTOR 2 HP**



**Imagen # 56 MOTOR 1 HP**



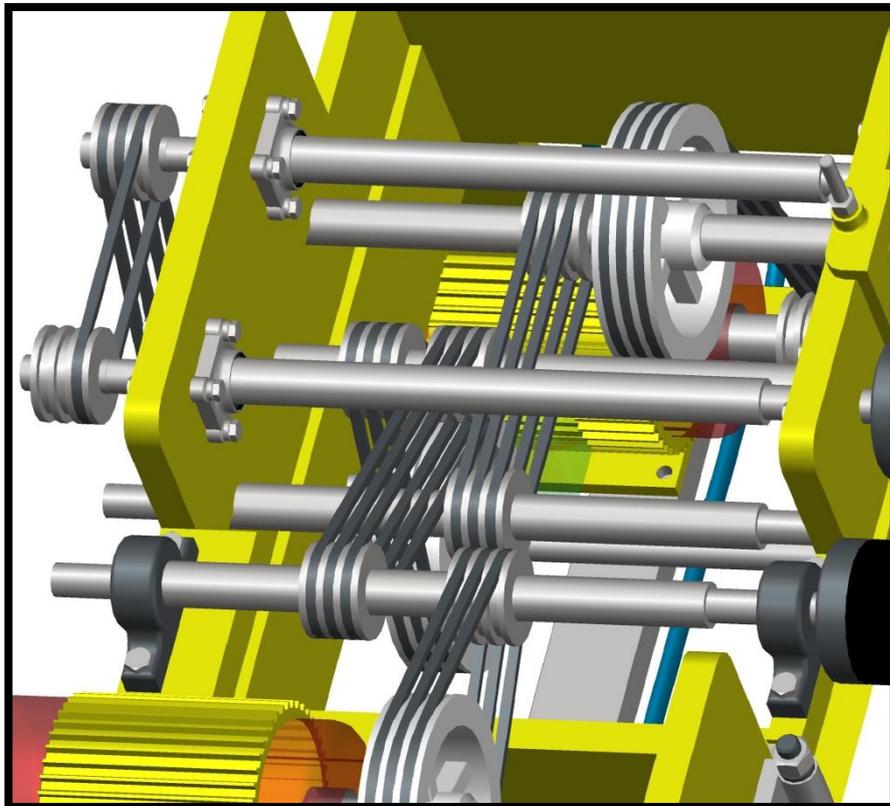
**Imagen # 57 MOTOR 1/4 HP**



### **3.9.2. EJES PARA RODILLOS**

Se van a utilizar 8 ejes de 25,4 x 300 que estarán ubicados uno en cada rodillo de la máquina.

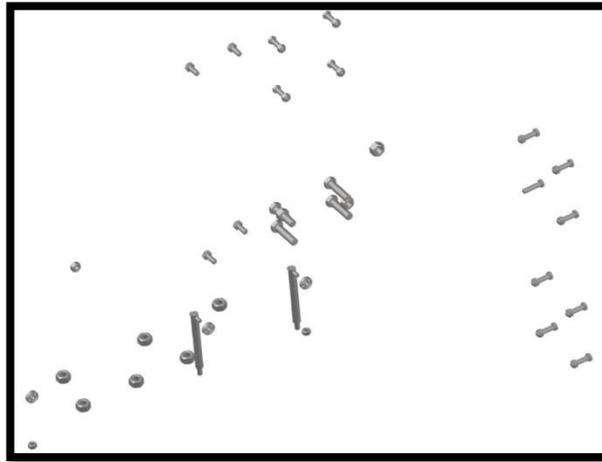
**Imagen # 58 EJES PARA RODILLOS**



### 3.9.3. TORNILLERÍA

Están encargados de sujetar toda la máquina junto con los elementos y accesorios, son elaborados en acero inoxidable y tienen gran resistencia mecánica. Tornillería de  $\frac{1}{4} \times 1 \frac{1}{2}$ ” con hilo NF.

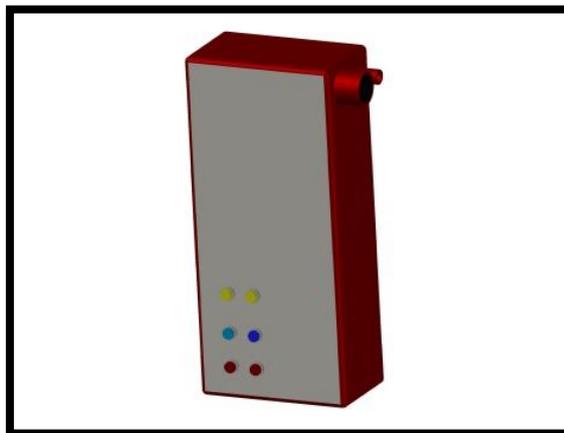
Imagen # 59 TORNILLERÍA



### 3.9.4. CONTROLADOR

Aquel que va a controlar todos los procesos que lleve a fin la máquina cepilladora y canteadora, a través de éste se podrá dar la ordenes de encendido o apagado a cada uno de los motores, y un paro inmediato en caso de emergencia. En donde se va a incluir la protección del mismo.

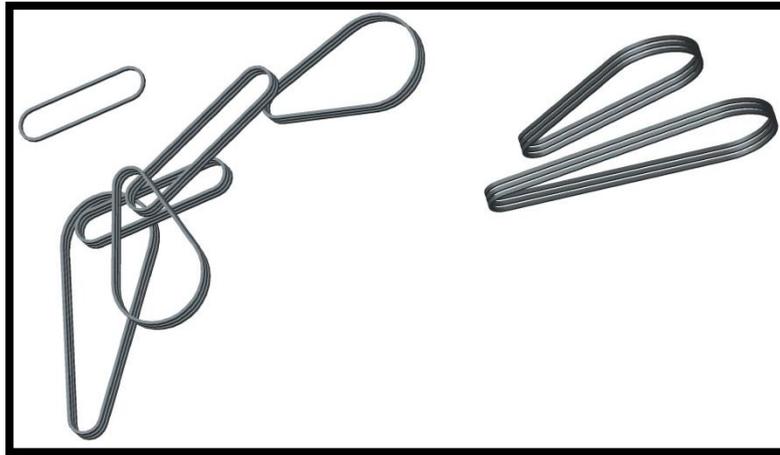
Imagen # 60 CONTROLADOR



### 3.9.5. BANDAS

Deben transmitir la potencia o velocidad desde el motor hasta el eje de cada uno de los rodillos, además debemos observar el tipo de banda a usarse, y éste dependerá de la máquina y su uso determinado, es decir queremos transmitir una mayor velocidad.

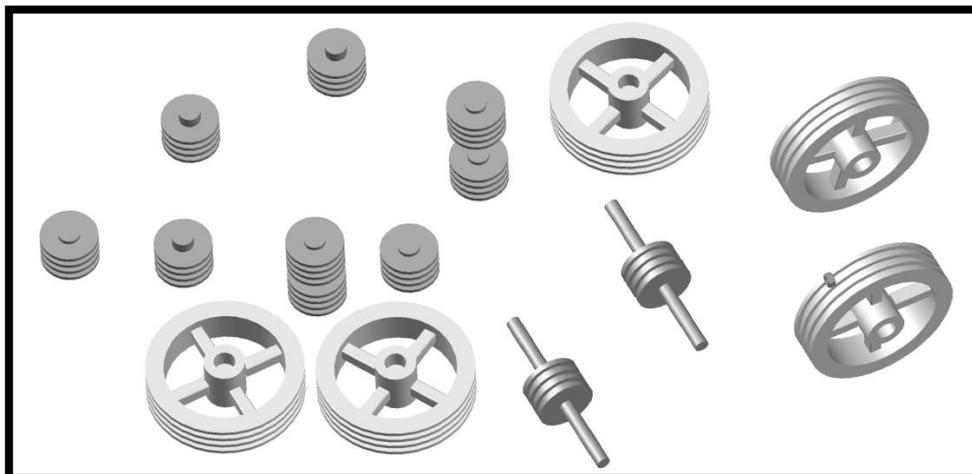
Imagen # 61 BANDA DE TRANSMISIÓN



### 3.9.6. POLEAS

Las poleas son ruedas con una o varias hendiduras en la llanta, sobre las cuales se apoyan las correas. Para evitar que las correas se salgan de las poleas, será necesario que las primeras se mantengan lo suficientemente tensas como para que sean capaces de transmitir la máxima potencia entre ejes sin llegar a salirse ni romperse.

Imagen # 62 POLEAS DE TRANSMISIÓN



### 3.9.7. RODILLOS

Se utilizarán diferentes tipos de rodillos que tendrán diversos usos en función a la máquina, un rodillo es un cilindro con un diámetro relativamente ancho que suele girar.

Rodillos de Avance, son los encargados de hacer que las tablillas avancen automáticamente hacia el resto de rodillos, son recubiertos de goma que no permite deformar las tablillas.

Rodillos de cepillado, tienen 4 cuchillas cada una, son elaboradas en acero y cepillan ambas caras de la tablilla.

Rodillos de canteo, está compuesto por 4 cuchillas cada uno, y son las encargadas de cantear los dos cantos de la tablilla.

**Imagen # 63 RODILLOS DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA**



### **3.10. BENEFICIARIOS**

Con el presente trabajo de titulación, se dará beneficio a muchos recursos humanos, que actúen directamente y se proyecten a este tipo de investigación, y realización de la misma, beneficiando así principalmente:

#### **3.10.1. DIRECTOS**

- A los habitantes de los cantones Olmedo y Santa Ana, lugar en donde se extrajo la materia prima de las investigaciones.
- Estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica

#### **3.10.2. INDIRECTOS**

- La Universidad Técnica de Manabí, donde se realizaron la mayor parte de las investigaciones.
- Las comunidades que rodean a los cantones investigados, y a sus pobladores.
- Aquellos estudiantes, catedráticos o investigadores que materialicen el actual trabajo de investigación, además de la producción en masa de la máquina.

### **3.11. RECURSOS**

El presente trabajo de titulación, involucra una gran variedad de recursos, los cuales serán nombrados a continuación:

#### **3.11.1. HUMANOS**

- El principal recurso humano del presente trabajo de titulación, es un egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Manabí.
- El catedrático tutor, del trabajo de titulación, que es parte de la Carrera de Ingeniería Mecánica, siendo el encargado de hacer cumplir tanto el cronograma como la ejecución del mismo.
- Docentes de la Carrera de Ingeniería Mecánica, que colaborarán con la revisión y corrección del trabajo de titulación, permitiendo así que se cumpla con el control y el respectivo seguimiento de la investigación, ensayos y diseño del trabajo de titulación.

#### **3.11.2. MATERIALES**

- Cámara
- Computadora
- Probetas de ensayo
- Cd
- Impresora
- Hojas
- Memorias
- Materiales de oficina
- Libros de Investigación
- Sierras
- Transporte

### 3.11.3. ECONÓMICOS

El presente trabajo de investigación, tiene un valor de \$583,25 USD (00/100 dólares americanos), el cual está financiado en su totalidad por el autor del presente trabajo de investigación.

DENOMINACION	CANTIDAD	ESPECIFICACIONE S	COSTO UNIT	COSTO TOTAL
<b>Impresión B/N y Color</b>	2500	Color – blanco y negro	0.05	125.00
<b>Resmas</b>	5	A4 (500u.)	3.50	17.50
<b>Materiales de oficina</b>	1	Lápiz, esferos, borradores, etc	5,50	5,50
<b>Cyber</b>	45	horas	0.65	29,25
<b>Transporte</b>	45	Galones Gasolina y Diesel	1,80	81,00
<b>Alimentación</b>		Desayuno-Almuerzo- Merienda	325	325.00
			<b>TOTAL</b>	<b>583,25</b>

### **3.12. VERIFICACIÓN DE OBJETIVOS**

Para poder llevar a cabo el trabajo de titulación, se deberán cumplir con los objetivos aquí propuestos, y es aquí donde se observa la verificación de los objetivos:

#### **3.12.1. VERIFICACIÓN DEL OBJETIVO ESPECÍFICO UNO**

Realizar caracterización, pruebas físicas y mecánicas de caña guadua (*angustifolia kunth*), en el cantón Olmedo y Santa Ana.

-Para poder cumplir con el presente objetivo, se debió visitar los lugares de origen e investigar acerca de nuestra materia prima en estado natural, como lo es la caña guadua (*angustifolia kunth*), y una vez realizado este proceso, se procederá al análisis del diseño y selección de materiales.

#### **3.12.2. VERIFICACIÓN DEL OBJETIVO ESPECÍFICO DOS Y TRES**

Elaborar el diseño técnico de un prototipo de una maquina canteadora y cepilladora de caña guadua.

Seleccionar aceros especiales para la fabricación cuchillos de canteadora y cepilladora, y otros accesorios necesarios (bandas, poleas, chumaceras, ejes, etc.), para un buen funcionamiento de la misma.

- Se comparan los resultados que se obtuvieron del objetivo específico número uno, y se continuó a la elaboración del diseño, de acuerdo a la selección previa de materiales, y los cálculos respectivos realizados con las normas adecuadas.

### **3.12.3. VERIFICACIÓN DEL OBJETIVO ESPECÍFICO CUATRO**

Realizar valoración técnica-económica del diseño del prototipo de una máquina canteadora y cepilladora para latillas de diferentes anchos y espesor de caña guadua (*angustifolia kunth*) en los cantones Olmedo y Santa Ana de la Provincia de Manabí.

- Cuando se concluyó el diseño del prototipo de la máquina, se realizó, de acuerdo a los materiales seleccionados, una valoración técnica-económica la cual nos dará el nivel de productividad en el momento de la elaboración física de la máquina, y nos permitirá reconocer si es factible la construcción y producción de la misma, y si beneficiará a los habitantes de los cantones Olmedo y Santa Ana.

### **3.13. RESULTADOS ESPERADOS**

Una vez terminado el presente trabajo de titulación, denominado "Caracterización de las propiedades física y mecánicas con vista al diseño de un prototipo de máquina canteadora y cepilladora de caña guadua (*angustifolia kunth*) en los cantones Olmedo y Santa Ana en la Provincia de Manabí."; proseguimos a la entrega de datos, pruebas realizadas, propiedades físicas y mecánicas de la caña guadua obtenidas, sabiendo la simplicidad que podría obtener el investigador al realizar la fabricación de la máquina en general.

Este trabajo de titulación, ayudará a la comunidad a fomentar una idea eficaz de socio-economía, que le permitirá además a los habitantes de los cantones personalizar una nueva manera de producción y elaboración de latas, latillas y vigas de caña guadua.

Se proyecta hacia el futuro de manera que la máquina forme parte de una gama alta de máquinas tecnológica procesadoras de caña guadua, y que reste la mano de obra humana, aumentando así la seguridad industrial de los trabajadores y disminuyendo el peligro constate.

### 3.14. CRONOGRAMA

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TIEMPO EN MES						
					1	2	3	4	5	6	
<i>Recopilación de la información</i>	u	1	250,00	250,00	1,00						
					250,00						
<i>Aplicación de las técnicas</i>	u	1	20,00	20,00	1,00						
					20,00						
<i>Encuestas tabulación y análisis de datos.</i>	u	1	40,00	40,00		1,00					
						40,00					
<i>Tema y planteamiento del problema.</i>	u	1	40,00	40,00		1,00					
						40,00					
<i>Desarrollo del marco teórico.</i>	u	1	40,00	40,00			1,00				
							40,00				
<i>Visualización del alcance de estudio.</i>	u	1	40,00	40,00			1,00				
							40,00				
<i>Elaboración de hipótesis y definiciones de variables.</i>	u	1	40,00	40,00				1,00			
								40,00			
<i>Desarrollo y diseño de la investigación.</i>	u	1	200,00	200,00				1,00			
								200,00			
<i>Definición y selección de la muestra y recolección y análisis de datos.</i>	u	1	200,00	200,00					1,00		
									200,00		
<i>Reporte de los resultados (conclusiones y recomendaciones).</i>	u	1	30,00	30,00							1,00
											30,00
<b>TOTAL</b>				<b>900,00</b>							
<b>INVERSIÓN MENSUAL</b>					<b>270,00</b>	<b>80,00</b>	<b>80,00</b>	<b>240,00</b>	<b>200,00</b>	<b>30,00</b>	
<b>AVANCE PARCIAL EN %</b>					<b>30,00</b>	<b>8,89</b>	<b>8,89</b>	<b>26,67</b>	<b>22,22</b>	<b>3,33</b>	
<b>INVERSIÓN ACUMULADA</b>					<b>270,00</b>	<b>350,00</b>	<b>430,00</b>	<b>670,00</b>	<b>870,00</b>	<b>900,00</b>	
<b>AVANCE ACUMULADO EN %</b>					<b>30,00</b>	<b>38,89</b>	<b>47,78</b>	<b>74,44</b>	<b>96,67</b>	<b>100,00</b>	

### **3.15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.15.1. CONCLUSIONES**

- En el estudio de las características físicas – mecánicas de la caña guadua (*Angustifolia Kunth*) en los cantones Olmedo y Santa Ana de la Provincia de Manabí, se obtuvieron valores de los ensayos de compresión, flexión y tracción, que se demuestran sus propiedades sismo-resistentes de esta planta que se comparan con los del acero y de allí que se le denominan un acero vegetal.
- Las latillas de diversas medidas, tanto en espesor como en el ancho, serán canteados y cepillados por este prototipo de máquina mejorando su calidad, para luego ser ensamblados en paneles y viguetas, que se utilizarán en viviendas de bajo costo e interés social.
- Los materiales seleccionados para cada uno de los elementos que componen este prototipo de máquinas como: aceros para cuchillas, bandas, chumaceras, acero para rodillos, porta cuchillas, motores eléctricos; se los determina previo al cálculo respectivo.
- Este diseño de prototipo de máquina permite a los habitantes de los cantones Olmedo y Santa Ana, aprovechar mejor las bondades de la caña guadua, transformándolas en paneles, vigas y viguetas.
- La cadena productiva de la caña guadua, beneficiará social, cultural y económicamente a los habitantes del Cantón Olmedo, Santa Ana de la Provincia de Manabí.

### **3.15.2. RECOMENDACIONES**

- De vital prioridad producir la caracterización de la caña guadua (*Angustifolia Kunth*), si ésta fuese a ser reproducida o compuesta en una cantón diferente al de los cantones Olmedo y Santa Ana de la Provincia de Manabí.
- Es recomendable considerar el diseño principal del prototipo de máquina, en caso de que si en su proceso constructivo sea necesaria remodelación, ésta deberá ser supervisada por algún experto en el tema o docente responsable.
- Los resultados obtenidos en los laboratorios, son considerados variables, por el continuo cambio de clima, el suelo, además de agentes externos que participan directamente de las propiedades físicas y químicas de la caña guadua y éstos deberán ser analizados en caso de fabricaciones realizadas en largos plazos.
- Es recomendable, realizar la concesión de costos-producción para la caña, donde su prioridad serán los constantes tanteos de los valores de composición de la caña guadua.
- De manera efectiva, al momento de la fabricación de la canteadora y cepilladora, se tomarán datos de componentes, que serán necesarios respecto a su valor económico, y éste coincida con los respectivos medios de estudio del actual trabajo de titulación.

### 3.16. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Propiedades Físicas-Mecánicas de la guadua *Angustifolia Kunth* y Aplicación al Diseño de Baterías Sanitarias del IASA II. Jorge Alberto Cobos Fischer Xavier Antonio León Rodríguez.
- [2] Canelos-Hidrovo: “El Acero Vegetal”. Una Alternativa Para La Construcción Y La Promoción Turística Del Ecuador.
- [3] Eduardo Torres, Edición 2015.
- [4] “Producción De Caña Guadua Para Suplir Demanda De Fundación Hogar De Cristo”; Ec. Eduardo Ortega; Guayaquil (2003).
- [5] Tandazo Regalado, Jorge Enrique. Flores Díaz, Gustavo David (2012). Proceso De Industrialización De La Caña Guadua Como Material Alternativo Para La Construcción Y Diseño De Vivienda Tipo De Una Y Dos Plantas, Empleando Caña Guadua En Sus Elementos Estructurales. Carrera De Ingeniería Civil. Espe. Sede Sangolquí.
- [6] Londoño X, Camayo Gc, Riaño Nm, López Y. Caracterización Anatómica Del Culmo De *Guadua Angustifolia Kunth* (Poaceae: Bambusoideae).
- [7] Peláez Castillo; “Desarrollo De Una Metodología Para Mejorar La Productividad Del Proceso De Fabricación De Puertas De Madera”; Guayaquil (2009).
- [8] Heinrich Höner; *Alrededor Del Trabajo De La Madera*; Editorial Reverte.
- [9] *La Madera como material de construcción*; Stephani Cabrera.
- [10] *La guadua, Una Maravilla Natural de Grandes Bondades y Promisorio Futuro*; Alexandra Colorado.

### 3.17. ANEXOS

#### ANEXO # 1 RECONOCIMIENTO DEL ESPACIO DE INVESTIGACIÓN



#### ANEXO # 2 RECONOCIMIENTO DEL ESPACIO DE INVESTIGACIÓN



**ANEXO # 3 RECONOCIMIENTO POR PARTE DEL TUTOR**



**ANEXO # 4 MEDICIÓN DE PROFUNDIDAD**



ANEXO # 5 PREPARACIÓN DE MUESTRA DEL SUELO



ANEXO # 6 REALIZACIÓN PRUEBA DE SUELOS



ANEXO # 7 ANÁLISIS DE SUELO Y PROFUNDIDAD



ANEXO # 8 TOMA DE MUESTRA DE SUELOS



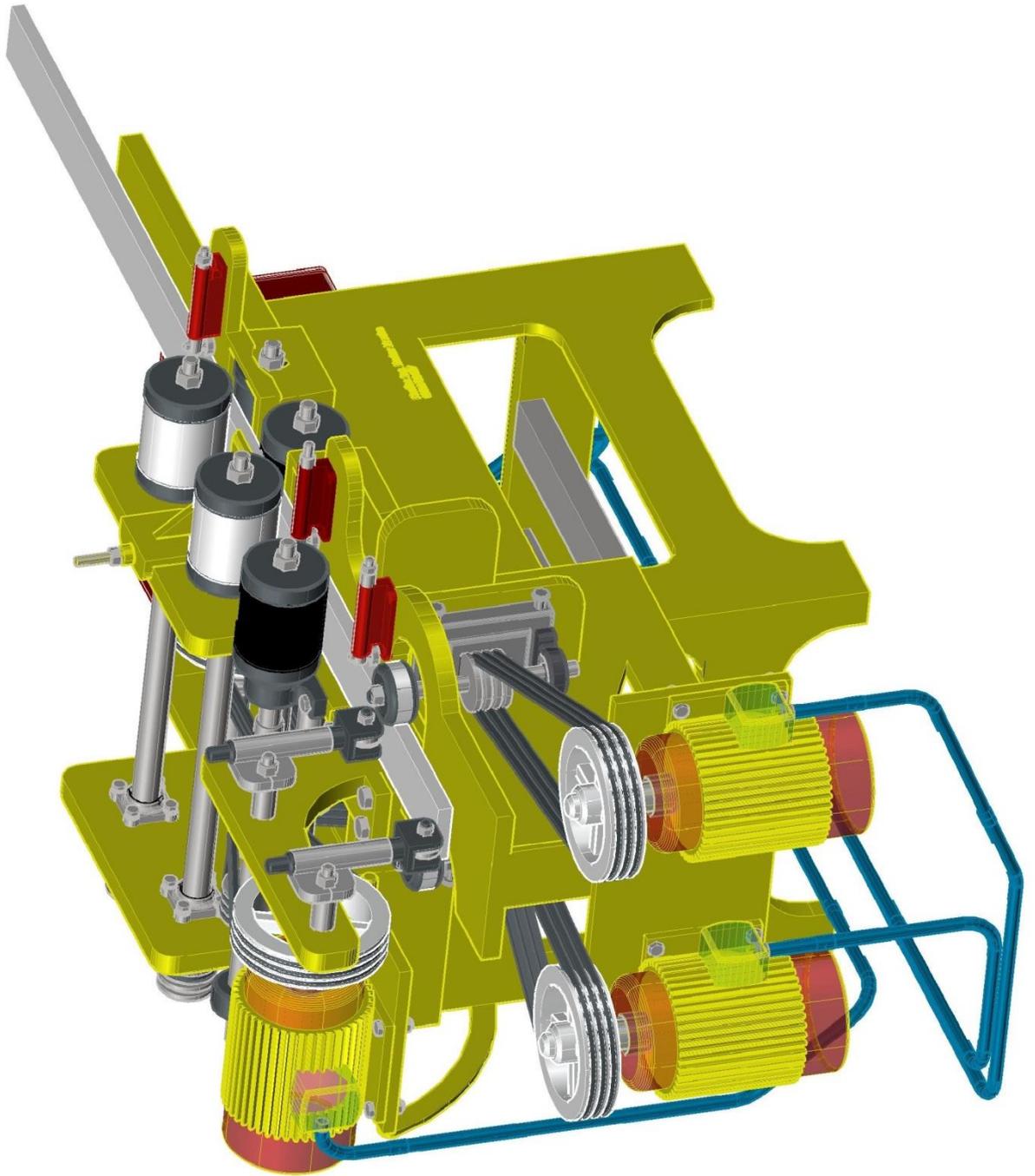
ANEXO # 9 PREPARACIÓN MUESTRA PARA ENSAYO



ANEXO # 10 CORTE DE CAÑA PARA ENSAYO COMPRESIÓN



ANEXO # 11 DISEÑO DEL PROTOTIPO DE MÁQUINA



**HOJA DE DATOS DE VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN**

PRENSA:		INDICADOR DIGITAL:	
MARCA:	CONTROLS	MARCA:	CONTROLS
MODELO:	C5444	MODELO:	PILOT / 50-C5444
SERIE:	11006637	SERIE:	11006637
CAPACIDAD:	3000 KN	RESOLUCIÓN:	0.1KN

EQUIPO BAJO PRUEBA	LECTURAS			INDICADOR		PATRON		PROMEDIO	ERRORES POR REPETIBILIDAD		ERR %
	FUERZA Kgf	TEST 1 Kgf	TEST 2 Kgf	TEST 3 Kgf	TEST 2 Kgf	TEST 3 Kgf	MAXIMO ABSOLUTO Kgf		RELATIVO %		
5000	49	5040	5050	5060	5050	5060	5050,0	60,0	1,20	1,0	
10000	98	10050	10060	10040	10060	10040	10050,0	60,0	0,60	0,5	
20000	196	20020	19990	20030	19990	20030	20013,3	30,0	0,15	0,0	
30000	294	30030	30020	30040	30020	30040	30030,0	40,0	0,13	0,1	
40000	392	39960	39990	40050	39990	40050	40000,0	50,0	0,13	0,0	
50000	490	49920	49980	50060	49980	50060	49986,7	80,0	0,16	-0,0	
60000	588	59920	59940	60070	59940	60070	59976,7	80,0	0,13	-0,0	
70000	686	69890	69970	70080	69970	70080	69980,0	110,0	0,16	-0,0	
80000	785	79890	80040	80080	80040	80080	80003,3	110,0	0,14	0,0	
90000	883	89890	90080	90090	90080	90090	90020,0	110,0	0,12	0,0	
100000	981	99900	100090	100100	100090	100100	100030,0	100,0	0,10	0,0	
120000	1177	119960	120140	120120	120140	120120	120073,3	140,0	0,12	0,0	
140000	1373	139960	140190	140230	140190	140230	140126,7	230,0	0,16	0,0	
160000	1569	160000	160180	160280	160180	160280	160153,3	280,0	0,18	0,1	
180000	1765	179870	180240	180310	180240	180310	180140,0	310,0	0,17	0,0	

Av. Eloy Alfaro N44-349 y Río Coca (Diagonal Tv.)  
 Telf: (593-2) 3340991  
 Telefax: (593-2) 3341010  
 Cel: 0999442186  
 E-mail: sertec@metrexlab.com  
 Quito - Ecuador

**IMPORREQUIP**  
 ING. VLADIMIR ROJAS  
 R.U.C. 1711457160001

ANEXO # 13 INFORME TÉCNICO DE CALIBRACIÓN

EQUIPOS TÉCNICOS Y SERVICIO ESPECIALIZADO

<b>INFORME TÉCNICO DE CALIBRACIÓN</b>			
<i>Informe No: UTM-0414-SMART-1002</i>			
<b>CLIENTE:</b>	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABI		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Laboratorio de Suelos y Materiales UTM - Portoviejo		
<b>FECHA DE CALIBRACIÓN:</b>	10-Abril-2014		
<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	25 +/- 2 °C	69 +/- 5 % HR	
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO BAJO PRUEBA			
	PRENSA:		INDICADOR DIGITAL:
<b>MARCA:</b>	ELE INTERNATIONAL	<b>MARCA:</b>	CONTROLS
<b>MODELO:</b>	36-0650/02	<b>MODELO:</b>	SMART
<b>SERIE:</b>	070300000081	<b>SERIE:</b>	50-Q60B02
<b>CAPACIDAD:</b>	1100 KN	<b>RESOLUCIÓN:</b>	0.01KN
IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO DE CALIBRACIÓN			
	INDICADOR DIGITAL:		
<b>MARCA:</b>	POISE		
<b>MODELO:</b>	CL-6X		
<b>RESOLUCIÓN:</b>	0.1Kgf - 10Kgf		
	PATRÓN SECUNDARIO		PATRÓN PRIMARIO
<b>MARCA:</b>	PT - AUSTRALIA	<b>MARCA:</b>	CONTROLS
<b>MODELO:</b>	HCC 2 250 000KG	<b>MODELO:</b>	E0100/300
<b>CAPACIDAD:</b>	250000 Kgf	<b>CAPACIDAD:</b>	3000 KN
<b>CERTIFICADO:</b>	CNM-CC-720-385/2009	<b>CERTIFICADO:</b>	12/048
REFERENCIAS Y NORMAS UTILIZADAS			
<b>DOCUMENTOS:</b> Norma BS-1610 : Parte 1 : 1992 Material Testing Machines and Force Verification Equipment.			
<b>CRITERIO DE ACEPTACIÓN:</b> +/-1 % de la carga aplicada. La Vigencia del presente Informe Técnico de Calibración es de UN AÑO a partir de la presente fecha.			
DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD			
<i>De acuerdo a los resultados obtenidos y tolerancias estimadas el equipo se encuentra trabajando:</i>			
<b>CORRECTAMENTE:</b> <u>  X  </u> <b>EN TOLERANCIAS:</b> <u>  X  </u> <b>USO CONDICIONADO:</b> <u>      </u>			
<b>OBSERVACIONES:</b> Se realiza reemplazo de indicador digital, transductor de presión, configuración, ajustes de calibración y verificación.			
<b>PROCEDIMIENTO UTILIZADO:</b> P-MVC-PRENSA-010-REV.02			
<b>REALIZADO POR:</b> Ing. Andrés Méndez B. ASISTENCIA TÉCNICA			<b>FIRMA:</b> 

Av. Eloy Alfaro N44-349 y Río Coca (Diagonal Tv.)  
 Telf: (593-2) 3340991  
 Telefax: (593-2) 3341010  
 Cel: 0999442186  
 E-mail: sertec@metrexlabs.com  
 Quito - Ecuador

UTM-0414-SMART-1002 Página 1 de 2

**IMPOR EQUIP**  
 ING. VLADIMIR ROJAS  
 R.U.C. 171448951E001



**ARNE=DF2=AISI 01**  
**Acero para trabajo en frío**

**GENERALIDADES:** Acero al manganeso-cromo-tungsteno, templable en aceite para uso general. Apto para una gran variedad de aplicaciones de trabajo en frío. Buena maquinabilidad, estabilidad dimensional en el temple y buena combinación de dureza y tenacidad tras temple y revenido. Suministrado a 190 HB aproximadamente.

**ANÁLISIS TÍPICO %**

	C	Si	Mn	Cr	W	V
ASSAB DF2	0.90	--	1.20	0.50	0.50	0.10
AISI/SAE 01	0.85-0.95	0.20-0.40	1.00-1.30	0.40-0.60	0.40-0.60	0.20

**EQUIVALENCIAS**

<b>AISI/SAE</b>	01
<b>DIN</b>	100MnCrW4
<b>W.Nr</b>	1.2510
<b>UNE</b>	F-5220
<b>UDDEHOLM</b>	<b>ARNE</b>

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS A 62 HRC**

Temperatura °C	20	200	400
<b>Densidad kg/m<sup>3</sup></b>	7800	7750	7700
<b>Módulo de elasticidad N/mm<sup>2</sup></b>	190000	185000	170000
<b>Coefficiente de dilatación térmica por °C a partir de 20 °C</b>	—	11.7x10 <sup>-6</sup>	11.4x10 <sup>-6</sup>

**APLICACIONES:**

HERRAMIENTAS PARA:	ESPESOR DE MATERIAL	HRC
Corte:	hasta 3 mm	60-62
Cizallado, punzonado, troquelado, desbastado, tronzado	3-6 mm	54-60
	6-10 mm	54-56
Cizallas para trabajar en frío.		54-60
Herramientas de tronzado y desbarbado para piezas de forja	caliente	58-60
	frío	56-58
Conformado		
Doblar, acuñar, embutición profunda, repujado y conformado por estirado.		56-62
Troqueles pequeños de acuñar en frío, expulsores, brocas y machos de roscar de tamaño pequeño y mediano.		56-60



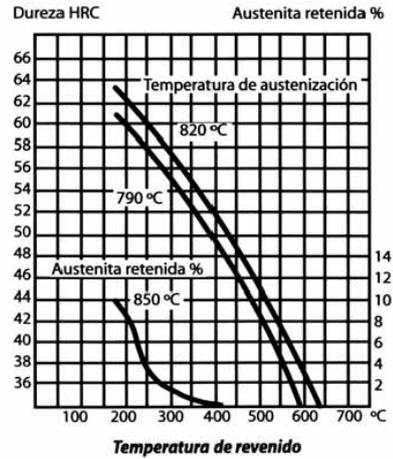
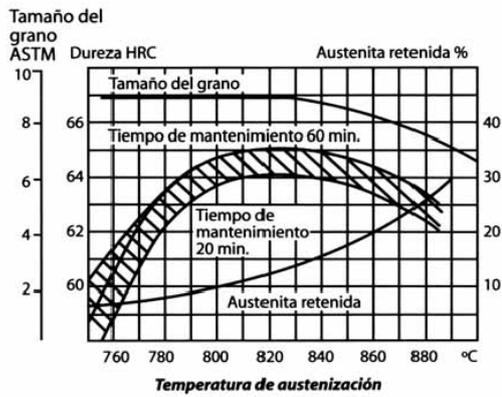
**TRATAMIENTO TÉRMICO**

**Recocido blando:** Proteger al acero y calentarlo en toda su masa a 780 °C. Luego enfriarlo en el horno a 15°C/h hasta 650 °C y por último libremente al aire.

**Eliminación de tensiones:** Después del desbastado en máquina, calentar la herramienta a 650 °C, tiempo de mantenimiento 2 horas. Enfriar lentamente hasta 500 °C y después libremente al aire.

**Temple:**  
 Temperatura de precalentamiento: 600-700 °C  
 Temperatura de austenización: 790-850 °C

**CURVAS PARA TEMPLE Y REVENIDO (2h+2h)**



**ANEXO # 15 TABLA PARA SELECCIÓN DE ACERO PARA LA MÁQUINA**

**760=AISI 1045**  
**Acero al carbono para maquinaria**



**GENERALIDADES:** Acero al carbono sin alea de esmerada manufactura, con buena tenacidad. Características en su alta uniformidad y rendimiento. Puede utilizarse en condición de suministro o con tratamiento térmico de temple y revenido. Aplicable a partes relativamente simples de máquinas. Dureza de suministro aproximada: 200 HB.

**ANÁLISIS TÍPICO %**

C	Si	Mn	Cr	P	S
760	0.50	0.30	0.60	--	0.04
AISI 1045	0.43 - 0.50	--	0.60 - 0.90	0.040	0.050

**PROPIEDADES MECÁNICAS:**

<b>Resistencia a la Tracción</b>	<b>65 Kg/mm<sup>2</sup></b>
<b>Esfuerzo de cedencia</b>	<b>32 Kg/mm<sup>2</sup></b>
<b>Elongación, A5</b>	<b>min 10%</b>
<b>Reducción de área</b>	<b>40%</b>
<b>Dureza</b>	<b>220-235</b>

**EQUIVALENCIAS:**

<b>AISI</b>	<b>1045</b>
<b>SAE</b>	<b>C1045</b>
<b>W. Nr</b>	<b>1.1820</b>
<b>DIN</b>	<b>CK45</b>

## PERFILES LAMINADOS IPN

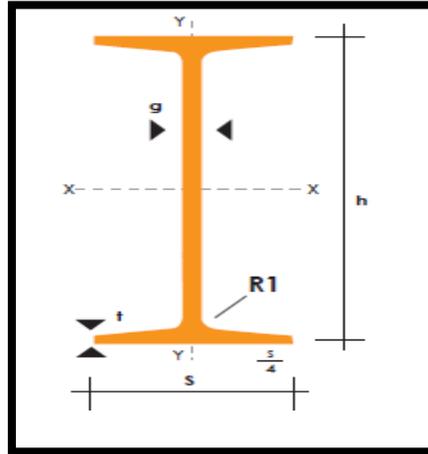
### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A 36
<b>Otras calidades</b>	Previa Consulta
<b>Largo normal</b>	6,00m y 12,00m
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES						seccion		PROPIEDADES			
	h mm	s mm	g mm	t mm	R mm	R1 mm	cm <sup>2</sup>	Kg/m	Ix cm <sup>4</sup>	Iy cm <sup>4</sup>	Wx cm <sup>3</sup>	Wy cm <sup>3</sup>
IPN 80	80	42	3.90	5.90	30.90	2.30	7.58	5.96	77	6.29	19.50	3.00
IPN 100	100	50	4.50	6.80	4.50	2.70	10.60	8.32	171	12.20	34.20	4.88
IPN 120	120	58	5.10	7.70	5.10	3.10	14.20	11.20	328	21.50	54.70	7.41
IPN 140	140	66	5.70	8.60	5.70	3.40	18.30	14.40	573	35.20	81.90	10.70
IPN 160	160	74	6.30	9.50	6.30	3.80	22.80	17.90	935	54.70	117.00	14.80
IPN 180	180	82	6.90	10.40	6.90	4.10	27.90	21.90	1450	81.30	161.00	19.80
IPN 200	200	90	7.50	11.30	7.50	4.50	33.50	26.30	2140	117.00	214.00	26.00
IPN 220	220	98	8.10	12.20	8.10	4.90	39.60	31.10	3060	162.00	278.00	33.10
IPN 240	240	106	8.70	13.10	8.70	5.20	46.10	36.20	4250	221.00	354.00	41.70
IPN 260	260	113	9.40	14.10	9.40	5.60	53.40	41.90	5740	288.00	442.00	51.00
IPN 300	300	125	10.80	16.20	10.80	6.50	69.10	54.20	9800	451.00	653.00	72.20
IPN 340	340	137	12.20	18.30	12.20	7.30	86.80	68.10	15700	647.00	923.00	98.40
IPN 360	360	143	13.00	19.50	13.00	7.80	97.10	76.20	19610	818.00	1090.00	114.00
IPN 400	400	155	14.40	21.60	14.40	8.60	118.00	92.60	29210	1160.00	1460.00	149.00
IPN 450	450	170	16.20	24.30	16.20	9.70	147.00	115.00	45850	1730.00	2040.00	203.00
IPN 500	500	185	18.00	27.00	18.00	10.80	180.00	141.00	68740	2480.00	2750.00	268.00
IPN 550	550	200	19.00	30.00	19.00	11.90	213.00	167.00	99180	3490.00	3610.00	349.00

ANEXO # 17 DIMENSIONES DEL PERFIL



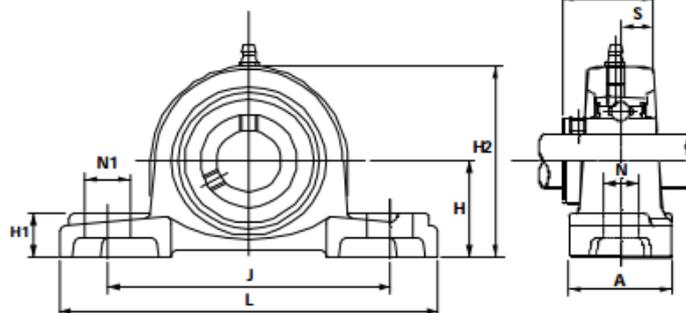
ANEXO # 18 CATÁLOGO DE CHUMACERAS ASAHI

Soporte con rodamiento ASAHI

ASAHI

UCP 200 / MUCP 200

CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES

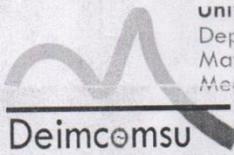



SERIE STANDARD UCP Soporte de fundición - Rodamiento de Acero

Referencia	Ø e β (mm)	H (mm)	L (mm)	J (mm)	A (mm)	N (mm)	N1 (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	φ (mm)	s (mm)	Tornillo	Rodamiento	Soporte	Peso (Kg)
UCP201	12	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 201	P203	0.65
UCP202	15	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 202	P203	0.63
UCP203	17	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 203	P203	0.62
UCP204	20	33.3	127	95	38	13	19	15	65	31	12.7	M10	UC 204	P204	0.65
UCP205	25	36.5	140	105	38	13	16	16	70	34	14.3	M10	UC 205	P205	0.79
UCP206	30	42.9	165	121	48	17	21	18	83	38.1	15.9	M14	UC 206	P206	1.3
UCP207	35	47.6	167	127	48	17	21	19	94	42.9	17.5	M14	UC 207	P207	1.6
UCP208	40	49.2	184	137	54	17	25	19	100	49.2	19	M14	UC 208	P208	1.9
UCP209	45	54	190	146	54	17	22	20	108	49.2	19	M14	UC 209	P209	2.2
UCP210	50	57.2	206	159	60	20	25	22	114	51.6	19	F116	UC 210	P210	2.6
UCP211	55	63.5	219	171	60	20	25	22	126	55.6	22.2	F116	UC 211	P211	3.3
UCP212	60	69.8	241	184	70	20	25	25	138	65.1	25.4	F116	UC 212	P212	4.7
UCP213	65	76.2	265	203	70	25	29	27	150	65.1	25.4	M20	UC 213	P213	5.6
UCP214	70	79.4	266	210	72	25	31	27	156	74.6	30.2	M20	UC 214	P214	7.3
UCP215	75	82.6	275	217	74	25	31	28	163	77.8	33.3	M20	UC 215	P215	7.9
UCP216	80	88.9	292	232	78	25	31	30	175	82.6	33.3	M20	UC 216	P216	10.0
UCP217	85	95.2	310	247	83	25	31	32	187	85.7	34.1	M20	UC 217	P217	12.2
UCP218	90	101.6	327	262	88	27	33	34	200	96	39.7	M22	UC 218	P218	14.7



Observación 1 Colaboración de la Dra. María Rodríguez V.



Universidad Técnica de Manabí  
Departamento de Ingeniería de  
Materiales de Construcción y  
Mecánica de Suelos

Portoviejo; 2016-02-05  
cert. n° 015 Laboratorio de Geoteknia, Hormigones y Asfaltos - UTM

## CERTIFICACIÓN

Yo, Martín Véliz Rivadeneira, en calidad de Jefe de los "Laboratorios de Geoteknia, Hormigones y Asfaltos de la Universidad Técnica de Manabí" certifico que:

los Srs. estudiantes MADRID TRIVIÑO ÁNGEL RONALD (c.c. 136206370-2), PÁRRAGA BAILÓN JONATHAN ANDRÉS (c.c. 131378033-8) y PONCE SALTOS LUIS ARMANDO (c.c. 080321982-3), han realizado ensayos de caracterización de suelo y ensayos de resistencia a la compresión y a la flexión en nuestros laboratorios, ensayando muestras de caña guadua -del tipo "Angustifolia kunth"- aportadas por los interesados durante el periodo del 2015-06-10 al 2016-01-20, buscando las caracterizaciones de las propiedades físicas y mecánicas de las muestras para los siguientes objetivos:

- **MADRID TRIVIÑO, Ángel Ronald:** con vista al diseño de un prototipo de "**máquina canteadora y cepilladora**", para muestras oriundas de los cantones Olmedo y Santa Ana de la provincia de Manabí;
- **PÁRRAGA BAILÓN, Jonathan Andrés:** con vista al diseño de un prototipo de "**máquina enlatilladora**", para muestras oriundas del cantón Portoviejo de la provincia de Manabí;
- **PONCE SALTOS, Luis Armando:** con vista al diseño de un prototipo de "**máquina estirilladora**", para muestras oriundas del cantón Portoviejo de la provincia de Manabí.

Atentamente;

  
Ing. Mg. Martín Véliz Rivadeneira, Mg. C.O.V.  
Jefe de los "Laboratorios de Geoteknia,  
Hormigones y Asfaltos de la U.T.M."



*Por la acreditación de la U.T.M. !*

Universidad Técnica de Manabí

Deimcomsu