

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE LA
CAÑA BRAVA (CHUSQUEA SP) PROVENIENTE DE LA CORDILLERA DE
SAMA EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA”**

POR:

CRISTHIAN CHAVEZ CALLA

OCTUBRE DE 2014

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA:

A Dios y a la Virgen María, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de mi vida, A mi esposa, A mis hermanos, A mis sobrinas, A mis Catedráticos, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO:

Un sincero agradecimiento a Dios por acompañarme en todo momento, y un sincero reconocimiento a toda mi familia y amigos por su apoyo y palabras de ánimo brindadas. A los docentes catedráticos quienes me orientaron en el camino hacia mi profesionalización, quienes me brindaron su tiempo y apoyo incondicional.

ÍNDICE

Dedicatoria
Agradecimientos
Resumen

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	2
1.3. El problema	8
1.4. Objetivos	9
1.4.1. General	9
1.4.2. Específico	9
1.5. Justificación	10
1.5.1. Teórica	10
1.5.2. Práctica	10
1.5.3. Metodológica	11
1.6. Alcance del estudio	11
1.6.1. Tipo de investigación	11
1.6.2. Hipótesis	12
1.6.3. Restricciones o Limitaciones	12

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO
LA CAÑA BRAVA “CHUSQUEA SP” COMO PLANTA

	Página
2.1. Definición de un chusquín	13
2.1.1 Etimología	15
2.1.2 Clasificación taxonómica	15
2.1.2.1 Clasificación Científica	15
2.1.3 Morfología general de la Chusquea Sp	17
2.2. Condiciones ambientales para el desarrollo y cultivo de la chusquea	19
2.2.1 Temperatura	20
2.2.2 Altitud	20
2.2.3 Precipitación	20
2.2.4 Humedad relativa	20
2.2.5 Brillo solar	20
2.2.6 Vientos	20
2.2.7 Nubosidad	21
2.3. Preservación	21
2.3.1. Métodos tradicionales	21
2.3.1.1 Preservación por inmersión en agua	21
2.3.1.2 Preservación mediante humo	22
2.3.1.3 Preservación mediante calor	22
2.3.1.4 Preservación mediante otros líquidos	22
2.3.2. Métodos químicos	22
2.3.2.1. Método “Boucherie”	22
2.3.2.2. Método de inmersión en tanques	23
2.3.2.3. Método de vacío y presión	23
2.4. Anatomía vs métodos de preservación	23

	Página
2.5. Plagas, enfermedades y daños	24
2.6. Propiedades físicas y mecánicas de la Chusquea Sp	26
2.6.1. Propiedades físicas	27
2.6.1.1. Contenido de humedad	28
2.6.1.2. Peso específico	30
2.6.2. Propiedades mecánicas	31
2.6.2.1. Factores de influencia	32
2.6.2.1.1. Influencia de la naturaleza del material	32
2.6.2.1.2. Influencia de las condiciones experimentales	32
2.6.2.1.3. Errores	32
2.6.2.2. Resistencia a compresión paralela a las fibras s/c nudo	33
2.6.2.3. Resistencia a la tracción paralela a las fibras	33
2.6.2.4. Resistencia a flexión estática	34
2.6.2.5. Extracción de clavos	35
2.6.2.6. Fallas típicas de compresión paralela aceptadas	35
2.6.2.7. Fallas típicas de compresión paralela no admisibles	36
2.6.2.8. Fallas típicas de tracción paralela a las fibras	36
2.7. Tipo de uniones en la Chusquea Sp	37
2.8. Distribución geográfica de la Chusquea Sp	37
2.8.1. Departamentos donde se encuentran los bosques de la Chusquea Sp	38

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

	Página
3.1 Localización	40
3.2 Identificación de la especie	40
3.3 Normas empleadas	41
3.4 Materiales utilizados	41

	Página
3.4.1 Fase de gabinete	41
3.4.2 Fase de campo	42
3.4.3 Fase de laboratorio	42
3.5 Metodología de trabajo	43
3.5.1 Selección y extracción de la muestra	43
3.5.1.1. Selección de la muestra	43
3.5.1.2. Tala o cosecha	43
3.5.1.3. Secado y almacenado	44
3.5.1.4. Preparación de probetas	45
3.6. Determinación de las propiedades físicas de la Chusquea Sp	47
3.6.1. Contenido de Humedad	47
3.6.2. Peso específico	49
3.7. Determinación de las propiedades mecánicas de la Chusquea Sp	50
3.7.1. Flexión estática	50
3.7.2. Compresión paralela a las fibras sin nudo	51
3.7.3. Compresión paralela a las fibras con nudo	53
3.7.4. Tracción paralela a las fibras	54
3.7.5. Extracción de clavos	55
3.8. Análisis estadístico	56
3.8.1. Teoría de pequeñas muestras	57
3.8.1.1 Distribución t de Student	57
3.8.1.1.1. Intervalos de Confianza	58

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

	Página
4.1 Resultados de las propiedades físicas y mecánicas	59
4.1.1 Propiedades físicas	59

	Página
4.1.1.1 Contenido de humedad	59
4.1.1.2 Peso específico aparente	59
4.1.2 Propiedades mecánicas	60
4.1.2.1 Flexión estática	60
4.1.2.2 Compresión paralela a las fibras sin nudo	64
4.1.2.3 Compresión paralela a las fibras con nudo	68
4.1.2.4 Tracción paralela a las fibras	72
4.1.2.5. Extracción de clavos	76

CAPÍTULO V

APLICACIÓN PRÁCTICA

	Página
5.1. Definición de cercha	77
5.2. Criterio de diseño	77
5.3. Diseño de una cercha de Chusquea Sp	79
5.3.1. Definición de las bases de cálculo	79
5.3.2. Cargas actuantes	79
5.3.2.1 Carga muerta	80
5.3.2.2 Carga viva o sobre carga de uso	80
5.3.2.3 Carga viento	80
5.3.2.4 Carga uniformemente repartidas	81
5.3.2.5 Elección del tipo de cercha	81
5.3.2.6 Cargas concentradas equivalentes	82
5.3.2.7 Fuerzas axiales en las barras	82
5.3.3. Diseño de elementos	83
5.3.3.1 Diseño de elementos sometidos a flexo-compresión	83
5.3.3.2 Diseño de elementos sometidos a flexo-tracción	85
5.3.3.3 Diseño de elementos sometidos a compresión	86

	Página
5.3.3.4 Diseño de elementos sometidos a tracción	87
5.4. Diseño de uniones en la cercha de Chusquea Sp	88
5.4.1. Diseño de unión lateral	88
5.4.2. Diseño de unión central	89
5.5. Análisis comparativo con los datos técnicos del Padt – Refort	92

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	Página
6.1 Conclusiones	93
6.2 Recomendaciones	95

BIBLIOGRAFÍA	97
---------------------	----

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO II

LA CAÑA BRAVA (CHUSQUEA SP) COMO PLANTA

	Página
2.1. Clasificación científica Chusquea Sp, fuente Lodoño (2006)	16
2.2. Clasificación científica Lyctus, fuente Stephens (1830)	26

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

	Página
3.1. Dimensión y cantidad de probetas, fuente elaboración propia	47
3.2. Peso de la probeta a diferentes temperaturas, fuente elaboración propia	48
3.3. Peso de la probeta y volumen desplazado, fuente elaboración propia	49

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

	Página
4.1. Resultado del contenido de humedad, fuente elaboración propia	57
4.2. Resultado del peso específico, fuente elaboración propia	57
4.3. Resultado del ensayo de flexión estática, fuente elaboración propia	58
4.4. Resultado del ensayo de compresión paralela a las fibras sin nudo, fuente elaboración propia	62
4.5. Resultado del ensayo de compresión paralela a las fibras con nudo, fuente elaboración propia	66
4.6. Resultado del ensayo de tracción paralela a las fibras, fuente elaboración propia	70
4.7. Resultado del ensayo de extracción de clavos, fuente elaboración propia	74

CAPÍTULO V
APLICACIÓN PRÁCTICA

	Página
5.1. Esfuerzos admisibles de la madera, fuente Padt – Refort	92
5.2. Esfuerzos Admisibles de la Chusquea Sp, fuente elaboración propia	92

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

	Página
1.1. Andamios de bambú, fuente Hutchison (2002)	3
1.2. Casas de bambú, fuente Hutchison (2002)	3
1.3. Estabilización de suelos con cultivos de bambú, fuente Hutchison (2002)	4
1.4. Construcciones de bambú en Colombia, fuente Obermanm y Laude (2004)	5
1.5. Construcciones de bambú en Bolivia. Eco Resort Colpa Caranda, fuente Urioste (2005)	7
1.6. Construcciones de bambú en Bolivia. Complejo turístico Las Lagunas, fuente Urioste (2005)	7

CAPÍTULO II

LA CAÑA BRAVA (CHUSQUEA SP) COMO PLANTA

	Página
2.1. Chusqueal	13
2.2. Esquema básico de la Chusquea Sp, fuente Vélez (2001)	17
2.3. Tipos de nudos, yemas y ramificaciones, fuente Londoño (2006)	19
2.4. Plagas y enfermedades, fuente elaboración propia	25
2.5. Variedad de diámetros	27
2.6. Xilohigrómetro eléctrico	30
2.7. Fallas típicas aceptadas de comp. paralela a la fibra, fuente Cruz (2006)	36
2.8. Fallas típicas no admisibles de compresión paralela a la fibra, fuente Cruz (2006)	36
2.9. Fallas de tracción simple, fuente Cruz (2006)	36

2.10. Falla de tracción de grano entrecruzado, fuente Cruz (2006)	37
2.11. El bambú en Bolivia, fuente Lindolholm (2007) Urioste T. (2005)	38
2.12. Crecimiento de la Chusquea Sp, en el departamento de Tarija, fuente elaboración propia	39

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

	Página
3.1 Diagrama de obtención de los culmos, fuente Sabogal (1999)	45
3.2 Determinación del contenido de humedad	48
3.3 Determinación del peso específico	49
3.4 Flexión estática	51
3.5 Compresión paralela a las fibras	52
3.6 Tracción paralela a las fibras	53
3.7 Extracción de clavos	54

ÍNDICE DE GRÁFICAS

CAPÍTULO IV PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

	Página
4.1 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Flexión Estática (parte basal)	59
4.2 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Flexión Estática (parte media)	60
4.3 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Flexión Estática (parte alta)	61
4.4 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresión paralela a las fibras sin nudo (parte basal)	63
4.5 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresión paralela a las fibras sin nudo (parte media)	64
4.6 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresión paralela a las fibras sin nudo (parte alta)	65
4.7 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresión paralela a las fibras con nudo (parte basal)	67
4.8 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresión paralela a las fibras con nudo (parte media)	68
4.9 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Compresión paralela a las fibras con nudo (parte alta)	69
4.10 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Tracción paralela a las fibras (parte basal)	71
4.11 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Tracción paralela a las fibras (parte media)	72
4.12 Curva "Esfuerzo vs Deformación" Tracción paralela a las fibras (parte alta)	73

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I

Mapa N° 1 Ubicación de la zona de muestreo

Mapa N° 2 Banco de extracción adicional de la Chusquea Sp

Mapa N° 3 Parcelas de muestreo y extracción de la Chusquea Sp

ANEXO II

Certificado N° 1 Identificación de la especie

ANEXO III

Normas Copant

ANEXO IV

Planillas de resultados de las propiedades físicas y mecánicas de la Chusquea Sp

ANEXO V

Análisis de precio unitario de la cercha construida con Chusquea Sp

ANEXO VI

Plano N° 1 Cercha Construida con la Chusquea Sp

ANEXO VII

Clave para la clasificación de productos maderables y no maderables según Antonio Arostegui “1975”

ANEXO VIII

Fotografías