UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

"INFLUENCIA DE LOS DEFECTOS EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DE *Ziziphus Cinnamomum* Tr. & Pl. (ACHUNI CASPI) PROCEDENTE DEL BOSQUE DE CICFOR – MACUYA - HUÁNUCO"

TESIS PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO FORESTAL

GINA RUIZ CASTRO

PUCALLPA – PERÚ

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

"Año de la Universalización de la Salud"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

COMISION DE GRADOS Y TITULOS

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS N°407

En la ciudad de Pucallpa a las 10:40 am del día lunes 20 de enero del 2020, mediante Memo Múltiple: 235-2019-UNU-FCsFyA-CGT, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador conformado por el Ing. Mg PEDRO APARICIO CAMPOS CABRERA (Presidente), Dr. VICTOR AUGUSTO ARAUJO ABANTO (Miembro) y el Ing. M. Sc. MOISES TORRES VELASTO (Miembro), en el Auditorio de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales-UNU para evaluar la tesis titulada **"Influencia de los defectos en la resistencia a la flexión estática de la madera de Ziziphus *cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi) procedente del bosque de CICFOR – Macuya - Huanuco"** presentado por la **Bach. RUIZ CASTRO GINA** , asesorado por el Dr. MANUEL IVAN SALVADOR CARDENAS después de finalizado la sustentación se procedió a la formulación de preguntas por parte del jurado evaluador, las cuales fueron absueltas por la sustentante.

EN CONSECUENCIA, LA TESIS FUE APROBADO POR **UNANIMIDAD** Y RECOMENDACIÓN DE PUBLICACIÓN, QUEDANDO EXPEDITO PARA EL OTORGAMIENTO DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL.

Siendo las 11:25 se dio por concluido este acto académico y firmando los miembros en señal de conformidad.

Ing. Mg PEDRO APARICIO CAMPOS CABRERA
Presidente

Dr. VICTOR AUGUSTO ARAUJO ABANTO
Miembro

Ing. M. Sc. MOISES TORRES VELASCO
Miembro

C.c. Miembros del Jurado (3)
Asesor
Interesado
Archivo

ACTA DE APROBACIÓN

Esta Tesis Fue Sometida a Consideración para su aprobación ante el Jurado Evaluador de la Facultad De Ciencias Forestales y Ambientales De La Universidad Nacional De Ucayali, integrado por los siguientes catedráticos:

Ing. Mg. Pedro Aparicio Campos Cabrera

Presidente

Dr. Víctor Augusto Araujo Abanto

Miembro

Ing. M. Sc. Moisés Torres Velasco

Miembro

Asesor y Tesista:

Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas

Asesor

Bach. Gina Ruiz Castro

Tesista

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
DIRECCION GENERAL DE PRODUCCION INTELECTUAL

CONSTANCIA

ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACION

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

N°053-2020

La **Dirección General de Producción Intelectual**, hace constar por la presente, que el Informe Final (Tesis), titulado:

INFLUENCIA DE LOS DEFECTOS EN LA RESISTENCIA A LA FLEXION ESTATICA DE LA MADERA DE ZIZIPHUS CINNAMOMUM Tr. & Pl. (*Achuni caspi*) PROCEDENTE DEL BOSQUE DE CICFOR – MACUYA – HUANUCO.

Cuyo autor (es)	:	**RUIZ CASTRO, GINA**
Facultad	:	CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES
Escuela Profesional	:	INGENIERIA FORESTAL
Asesor	:	Dr. Salvador Cardenas, Manuel Ivan

Después de realizado el análisis correspondiente en el Sistema Antiplagio URKUND, dicho documento presenta un **porcentaje de similitud de 04%.**

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND, el cual indica que no se debe superar el 10%. Se declara, que el trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud, por lo que SI se aprueba su originalidad.

En señal de conformidad y verificación se FIRMA Y SELLA la presente constancia.

Fecha: 30/01/2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI
DIRECCION GENERAL DE PROPIEDAD INTELECTUAL
DRA. DINA PARI QUISPE
Direc. Gral. Prod. Intel

REPOSITORIO DE TESIS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS

Yo, GINA RUIZ CASTRO

Autor de la TESIS titulada:

"INFLUENCIA DE LOS DEFECTOS EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ESTÁTICA DE LA MADERA DE ZIZIPHUS CINNAMOMUM Tr. & Pl. (CACHUNI CASPI) PROCEDENTE DEL BOSQUE DE CICFOR – MACUYA - HUÁNUCO".

Sustentada el año: 2020

Con la asesoría de: Dr. MANUEL IVÁN SALVADOR CÁRDENAS

En la Facultad de: CIENCIAS FORESTALES Y AMBIENTALES

Carrera Profesional de: INGENIERÍA FORESTAL

Autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali, bajo los siguiente términos: Primero: otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en forma digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones. Segundo: declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas. Tercero: autorizo la publicación,

- [x] Total (significa que todo el contenido de la tesis en PDF será compartido en el repositorio).
- [ ] Parcial (significa que solo la carátula, la dedicatoria y el resumen en PDF serán compartidos en el repositorio).

De mi TESIS de investigación en la página web del Repositorio Institucional de la UNU.

En señal de conformidad firma la presente autorización.

Fecha: 07 / 02 / 2020

Email: amigable-1589@hotmail.com.pe

Firma:

Teléfono: 061 2828 33

DNI: 46133143

DEDICATORIA

A Dios.

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres.

José Ruiz Pérez y Nevadith Castro Díaz, por su apoyo incondicional en todo momento a lo largo de mi vida y mi formación profesional, por su tenacidad y lucha incansable, por enseñar a jamás rendirme, porque dejaron sus sueños para poder ayudarme a cumplir el mío, todo esto se lo debo a ustedes. Los amo con el amor más puro sincero e infinito.

A mi esposo

Alan Tuesta Maldonado, por su paciencia, comprensión y apoyo moral. Por ser mi consejero, mi soporte y mi compañía.

A mi hija

Jazlyn con el amor y el cariño más grande del mundo.

AGRADECIMIENTO

A mi maestro y asesor Dr. Manuel Iván Salvador Cárdenas, profesor principal de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad Nacional de Ucayali, por brindarme su apoyo, recomendaciones y la oportunidad de realizar la tesis en su proyecto de investigación.

Al Ing. M.Sc. Moisés Acevedo Mallque profesor Principal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por permitirme realizar los ensayos en el Laboratorio de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de la UNA . La Molina

A la memoria del Ing. Clovis Ramirez Ramirez, por incluirme como tesista en su proyecto e inicialmente fuera mi asesor y por cosas del destino partió a la gloria de Dios.

A todas las personas que de una y otra manera han contribuido en la realización del presente trabajo de investigación

.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Pág.

DEDICATORIA……..vi

AGRADECIMIENTO……vii

ÍNDICE DE TABLAS……xiii

ÍNDICE DE FIGURAS…….xvii

RESUMEN……xx

ABSTRACT……...xxi

INTRODUCCIÓN…….…..1

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA……...……2

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO……..4

2.1. Antecedentes……4

2.1.1Aspectos generales de la especie ……..…4

2.1.2Propiedades físicas de la madera de achuni caspi…….....6

2.2. Planeamiento teórico del problema……7

2.2.1. Propiedades mecánicas de la madera …….....7

2.2.2. Esfuerzo por flexión……..……..11

2.2.3. Valores característicos……..…….……....12

2.2.4 Clasificación de las propiedades mecánicas de la madera ..…….12

2.2.5 Defectos en la madera estructural ….……...14

2.3. Definición de términos básicos……..…21

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA……..…….27

3.1. Métodos de investigación……..…….....…….....27

3.2. Población y muestra ……27

3.3. Procedimientos de recolección de datos……..27

3.3.1. Localización y marcados de árboles.……..……...…27

3.3.2. Extracción de árboles de la especie ……..…...28

3.3.3. Identificación botánica de la especie…….……..…….28

3.3.4. Aserrío de trozas…….……29

3.3.5. Preparación de probetas ……..…….....29

3.3.6. Ensayo de flexión estática ……..……29

3.3.7. Evaluación de defectos…….…….…..31

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos ……..…….31

3.4.1. Técnicas…….……...….31

3.4.2. Instrumentos……..….31

3.5. Tratamiento de los datos ……..……..……...32

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN……..34

4.1. Defectos en la madera de *ziziphus cinnamomum tr. & pl.* (achuni caspi)…… ……..…….……..…..34

4.1.1 Proporción entre madera defectuosa y no defectuosa……34

4.1.2. Principales defectos que afectan la madera de achuni caspi ……..……35

4.1.3 Distribución porcentual de la madera con defectos por niveles longitudinales del fuste……..……....…...37

4.2. Resistencia a la flexión estática de la madera…….……38

4.2.1. Módulo de ruptura (MOR)…….....…38

4.2.2. Esfuerzo por flexión (Fm)……..….40

4.2.3. Módulo de elasticidad (MOE)……..41

4.3. Valores característicos de flexión estática de la madera……..……42

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……....45

4.1CONCLUSIONES…….……..…...……..……45

4.2. RECOMENDACIONES……..……..……..….45

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA ……46

ANEXOS……51

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

En el Texto:

Tabla 1. Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas Mexicanas en condición seca al aire (CH=12%) ……. 12

Tabla 2. Criterios cuantitativos de las propiedades mecánicas……... 13

Tabla 3. Distribución porcentual de madera de achuni caspi con defectos y libre de defectos……. 34

Tabla 4. Principales defectos y su distribución porcentual en la madera de achuni caspi…….. 35

Tabla 5. Distribución porcentual de la madera con defectos y sin defectos por niveles longitudinales del fuste…… 37

Tabla 6. Prueba de independencia de las variables niveles longitudinales del fuste vs estado sanitario de la madera 37

Tabla 7. Resultados promedios del MOR por niveles longitudinales del fuste …… 38

Tabla 8. $ANVA_1$ del módulo de ruptura de la madera de achuni caspi ……. 39

Tabla 9. Resultados del esfuerzo por flexión de la madera de achuni caspi ……. 40

Tabla 10. $ANVA_1$ de resistencia por flexión de la madera de achuni caspi ……. 40

Tabla 11. Resultados promedios del MOE por niveles longitudinales del fuste…… 41

Tabla 12. $ANVA_1$ del módulo de elasticidad de la madera de achuni caspi …….. 42

Tabla 13. Valores característicos del esfuerzo en flexion (Fm) y MOE de la madera de achuni caspi …… 42

En el Anexo:

Tabla 14. Base de datos obtenidos de carga - deformación de las probetas del árbol 1 de la especie *Ziziphus cinnamomum* (achuni caspi)……...……..……. 57

Tabla 15. Base de datos obtenidos de carga - deformación de las probetas del árbol 2 de la especie *Ziziphus cinnamomum* (achuni caspi)……..……. 58

Tabla 16. Base de datos obtenidos de carga - deformación de las probetas del árbol 3 de la especie *Ziziphus cinnamomum* (achuni caspi)……...……. 60

Tabla 17. Base de datos obtenidos de probetas de madera con defecto y sin defecto de la especie *Ziziphus cinnamomum* (achuni caspi)……...……...……. 64

INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Madera aserrada de Ziziphus cinnamomum (achuni caspi) –Pucallpa…….. 26

Figura 2. Ensayos en el Laboratorio de propiedades físicas y mecánicas de la UNA La Molina …….. 33

Figura 3. Distribución porcentual piezas de madera de achuni caspi con y sin defectos …….. 34

Figura 4. Distribuciòn porcentual de los defectos en la madera de achuni caspi …… 36

Figura 5. Distribución porcentual de madera defectuosa y sin defectos por niveles longitudinales del fuste …….. 37

Figura 6. Módulo de ruptura de la madera de achuni caspi ……. 39

Figura 7. Esfuerzo por flexión de la madera de achuni caspi …… 40

Figura 8. Módulo de elasticidad de la madera de achuni caspi……. 41

Figura 9. Distribución de frecuencia del Fm de la madera de achuni caspi ……. 43

Figura 10. Distribución de frecuencia relativa del MOE ……. 43

En el Anexo:

Figura 11. Especie forestal *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl (achuni caspi) ……..... 67

Figura 12. Especie forestal *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl (achuni caspi) ……... 68

RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo fueron: Determinar el porcentaje de madera con defecto y sin defecto, los tipos de defecto y la distribución de los defectos por niveles longitudinales del fuste; determinar si existe diferencias significativas entre los valores promedios del módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidad.(MOE) y el esfuerzo por flexión (Fm) por niveles longitudinales del fuste y determinar los valores característicos del esfuerzo por flexión y módulo de elasticidad (MOE) de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi). Las muestras provinieron del Centro de Investigación y Capacitación Forestal (CICFOR) Macuya, de la UNU, ubicado en el Km. 5, margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde Terry, tramo San Alejandro - Puerto Súngaro, distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, Región: Huánuco

Los resultados demuestran que el 22% de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi) contiene al menos un defecto del total de piezas y el 78 % libre de defectos. Los principales defectos y su distribución porcentual fueron: nudos sanos y nudos huecos con 5.5%, rajaduras y duramen quebradizo con 3.15% cada uno, perforaciones grandes y grietas superficiales en menor proporción. No existe una relación significativa entre los niveles longitudinales del fuste y el estado sanitario de la madera, presentándose indistintamente los defectos a lo largo del fuste. No existe diferencias significativas entre los valores del MOR, del esfuerzo en flexión (Fm) y el MOE de cada nivel longitudinal del fuste lo que ha conllevado a estimar valores promedios para todo el fuste: MOR 932 kgf/cm², Fm 391 kgf/cm² y del MOE 161937 kgf/cm². Los valores característicos de la madera fueron: esfuerzo en flexión ($Fm_{0.05}$) 211 kgf/cm²) y de módulo de elasticidad ($MOE_{0.05}$) 114232 kgf/cm²).

Palabras clave: Madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl, achuni caspi, defectos de la madera, flexión estática

ABSTRACT

The objectives of the present work were: To determine the percentage of wood with defect and without defect, the types of defect and the distribution of the defects by longitudinal levels of the shaft; determine if there are significant differences between the average values of the modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE) and the effort in effort by flexion (Fm) by longitudinal levels of the shaft and determine the characteristic values of the effort by flexion and modulus of elasticity (MOE) of Ziziphus cinnamomum Tr. & Pl. (Achuni caspi). The samples came from the Forest Research and Training Center (CICFOR) Macuya, of the UNU, located at Km 5, left bank of the Fernando Belaunde Terry road, San Alejandro - Puerto Súngaro section, Tournavista district, Puerto Inca province , Region: Huánuco.

The results show that 22% of the wood of Ziziphus cinnamomum Tr. & Pl. (Achuni caspi) contains at least one defect of the total parts and 78% free of defects. The main defects and their percentage distribution were: healthy knots and hollow knots with 5.5%, cracks and brittle heartwood with 3.15% each, large perforations and superficial cracks in smaller proportion. There is no significant relationship between the longitudinal levels of the shaft and the sanitary state of the wood, with defects along the shaft being presented interchangeably. There are no significant differences between the values of the MOR, the flexural stress (Fm) and the MOE of each longitudinal level of the shaft, which has led to estimating average values for the entire shaft: MOR 932 kgf / cm², Fm 391 kgf / cm² and MOE 161937 kgf / cm². The characteristic values of the wood were: flexural stress (Fm0.05) 211 kgf / cm²) and modulus of elasticity (MOE0.05) 114232 kgf / cm²).

Keywords: Ziziphus cinnamomum Tr. & Pl, achuni caspi, wood defects, static bending

INTRODUCCIÓN

Los valores de las propiedades mecánicas de la madera es información importante para el diseño estructural en madera, ya que la madera tiene características propias que la diferencian de otros materiales de construcción como lo son el acero y el concreto, en consecuencia, el diseño, cálculo y construcción con madera, debe tener en cuenta sus particularidades.

Las propiedades mecánicas, aún para una misma especie, tienen un amplio margen de variabilidad debido a las condiciones de crecimiento del árbol, relacionados con la latitud, calidad del suelo y características de clima (Campos C. 2015).

Basado en lo anterior, la presente investigación busca generar información acerca de las características mecánicas de la madera a nivel del fuste del árbol de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi), especie presente en bosques secundarios y primarios remanentes, e incrementar el conocimiento de sus características mecánicas de la madera.

Ambientalmente, se contribuye al manejo sostenible de los bosques de la región de Ucayali orientando la presión de la demanda a especies forestales maderables ampliamente distribuidas en bosques de producción permanente sean primarios residuales o secundarios y dando oportunidad a la regeneración natural a recomponer la población.

En la parte económica, se propicia el mejoramiento de la rentabilidad de la transformación mecánica de la madera a través del aumento de la productividad y del valor agregado.

En lo social, se propicia el incremento de la demanda de la mano de obra calificada y no calificada, la generación de puestos de trabajo directos e indirectos; el mejoramiento de las condiciones de vida de la población urbana y rural.

Técnicamente, se genera información tecnológica aplicable a la industria maderera; especialmente para la industria de la construcción y la segunda transformación, generalmente responsables del mayor valor agregado de la producción y a menudo a cargo de micro empresas y empresas unipersonales

El Objetivo general del presente trabajo de investigación fue determinar la Influencia de los defectos en la resistencia a la flexión estática de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi) procedente del bosque de CICFOR – Macuya, ubicado en el distrito de Tournavista, provincia de Puerto Inca, región Huánuco.

Los objetivos específicos fueron: Determinar el porcentaje de madera con defecto y sin defecto, los tipos de defecto y la distribución de los defectos por niveles longitudinales del fuste; determinar si existe diferencias significativas entre los valores promedios del módulo de ruptura (MOR), módulo de elasticidad.(MOE) y el esfuerzo por flexión (Fm) en función a los niveles longitudinales del fuste y determinar los valores característicos del esfuerzo por flexión y módulo de elasticidad.(MOE) de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi).

CAPÍTULO I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La heterogeneidad de los bosques tropicales y el aprovechamiento forestal selectivo, con volúmenes inferiores a 3.5 m^3/Ha es un factor limitante para un adecuado manejo de los bosques tropicales. El desarrollo de la industria forestal maderera no puede continuar basándose en un reducido número de especies, ya que ello eleva sustancialmente los costos de producción. Este modelo selectivo de aprovechamiento, y el reducido número de especies que emplea la industria se debe principalmente, al desconocimiento de las propiedades tecnológicas y usos de las maderas más abundantes y desconocidas (Baluarte, 1995), como es el caso de achuni caspi.

Con en el presente trabajo de investigación se pretendió resolver la siguiente interrogante:

¿Cuáles son los defectos y que efectos tienen en la resistencia a la flexión estática de la madera de (achuni caspi) ***Ziziphus cinnamomum Tr.& Pl.*** procedente del bosque de CICFOR – Macuya, 2016?

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

a) Clasificación sistemática y descripción botánica

Según (Castillo, 2016) la clasificación taxonómica del achuni caspi es como sigue:

Reino	:	Plantae
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Orden	:	Rosales
Familia	:	Rhamnaceae
Genero	:	Ziziphus Mill
Especie	:	*Ziziphus cinnamomum* Tr.& Pl.

b) Procedencia y antecedentes

(Castillo, 2016) menciona las siguientes características de la especie *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi)**:**

- **Porte:** arbustos, pequeños árboles, a veces lianas, excepcionalmente hierbas, generalmente armados de espinas foliares, caulinares o estipulares.

- **Hojas:** simples, alternas, subopuestas u opuestas, enteras o algo dentadas o aserradas, nervaduras acredoma basal perfecta.

- **Flores:** inconspicuas, actinomorfas, perígina o epígina, perfectas o raramente imperfectas, con hipanto cóncavo en forma de olla, solitarias o dispuestas en cimas axilares, umbeliformes o corimbosas.

- **Perianto:** sépalos 4-5 (8), unidos, los lóbulos valvados; pétalos 4-5 (8), libres, con frecuencia claviformes, generalmente reducidos o ausentes.

- **Estambres:** 5-4 (-6-8), alternos con los lóbulos de los sépalos, pero opuestos a los pétalos cuando estos están presentes. Anteras de dehiscencia longitudinal. Estaminodios en las flores pistiladas.

- **Gineceo:** las flores pistiladas con disco intraestaminal presente, a veces fusionado con el ovario, ovario ínfero, semiínfero hasta súpero con 2 (3)5 lóculos y carpelos, raramente 1-locular por aborto, con 1-3 (-4) óvulos por lóculo, placentación parietal o basal, estilo simple o dividido en 1 o 2-3 lóbulos, estigmas de 1 a 4, con pistilodios en flores estaminadas.

- **Fruto:** drupas o bayas drupáceas.

- **Semillas:** con embrión recto o curvo, endosperma escaso o ausente.

- **Biología floral:** la polinización es entomófila. Presenta frutos diversos dependiendo de la dispersión, algunos secos, dehiscentes, diseminados por el viento, pero la mayoría presenta drupas carnosas o nueces, dispersadas por los mamíferos o aves que los consumen (Heywood, 1985).

- **Distribución y Hábitat:** familia cosmopolita, mejor representadas en las regiones tropicales (Mabberley, 1997). En Argentina se encuentran distribuidos desde el NE hasta la Patagonia (Boelcke, 1981).

- **Importancia:** familia con valiosas especies de diversos usos. *Ziziphus cinnamomum* Tr.& Pl. (chichiboa) y Z. cyclocardia Blake

(yacure) poseen frutos comestibles y de sabor agradable, pero debido a su pequeñez son consumidos mayormente por los niños del campo o utilizados en la elaboración de refrescos y licores. Ziziphus jujuba Miller (ponsigué) posee frutos más grandes con lo que se hacen conservas, pero varían en la calidad de la pulpa siendo algunos de delicioso sabor y otros apenas comestibles que se utilizan en la elaboración de "ron de Ponsigué". Anteriormente constituyó una fuente de un principio resinoso o goma laca, de múltiples aplicaciones en acuarelas, barnices y en particular en la elaboración de discos fonográficos. La sustancia resinosa sólo se consigue mediante la acción de un insecto conocido científicamente como Tachichardia lacca. Como ornamental, es apreciada para lugares agrestes, secos y de altas contaminaciones y temperaturas, como islas y redoma de avenidas (Hoyos, 1994).

c) Descripción del árbol en pie

Castillo (2016) señala que (achuni caspi) ***Ziziphus cinnamomum Tr. &*** Pl. es un árbol de 30-44cm de DAP, de altura total 20 cm, altura comercial 12m; perennifolia,con modificación de la base del fuste de aletas tablares gruesa, ligeramente modificado en un solo extremo, base recta y cilíndrica y ramificación simpódica. No se aprecia ritidoma. Copa redonda, ocupa el estrato medio en el bosque.

d) Descripción de la madera

Castillo (2016) indica que el achuni caspi presenta las siguientes características:

Albura

Color negruzco, fisurado, con pequeñas grietas en algunas partes del fuste y con lenticelas longitudinales, de forma redonda de 5 mm de diámetro. No se aprecia ritidoma.

Duramen

Color marrón con líneas longitudinales de color cremoso a color guinda o rojo blanquecino, con textura arenosa, con sabor dulce al inicio, luego tiende a ser amargo, grosor de 6mm, al oxidar tiende a ser más claro y blanquecino, el color del cambium es anaranjado, el tiempo de oxidación es 5 minutos.

2.1.2 Propiedades físicas de la madera de achuni caspi

Torres (2014) sostienen que las propiedades físicas de la madera *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi) provenientes de tres niveles longitudinales del fuste son similares, por lo tanto se considera un valor promedio para cada propiedad física, tales como: **contenido máximo de humedad** fue de 50.7%, mientras que el CH en equilibrio al interior de un ambiente fue de 10.11%, considerándolas como muy secas.

Los valores promedios de las **densidades**: básica, saturada, en equilibrio higroscópico y anhidra fue de 0.79 g/cm^3, 1.19 g/cm^3, 0.94 g/cm^3 y 0.91 g/cm^3 respectivamente), considerando como de densidad muy alta. El valor promedio de la contracción tangencial, longitudinal y radial fue de 7.71%, 0.29% y 4.85% respectivamente; el valor promedio de la contracción volumétrica fue de 12.44%, considerándose como una madera de contracción media. El valor promedio de la relación T/R fue de 1.63 considerase como una madera estable.

El valor promedio del coeficiente de contracción volumétrica de la madera de *Ziziphus cinnamomum Tr. & Pl.* (achuni caspi) fue de 0.45% resultando una madera medianamente nerviosa y el valor promedio del contenido de humedad en el punto de saturación de las fibras fue de 14.07%, considerándose a la madera dentro del rango bajo.

2.2. PLANTEAMIENTO TEÓRICO DEL PROBLEMA

2.2.1 Propiedades mecánicas de la madera

Cruz J (2005) define aquellas propiedades que se manifiestan en la capacidad de la madera para soportar cargas o torceduras (flexo torsión). Bajo pequeñas cargas la madera se deforma en forma proporcional a la tensión, si la carga aumenta y las deformaciones son mayores que la tensión se produce una deformación permanente. Al seguir aumentando la carga se produce la rotura. Determinan, junto con las propiedades físicas, durabilidad natural, características de secado, resistencia al intemperismo, etc. La aptitud tecnológica de la madera para diferentes usos clasificados en dos grandes grupos: estructurales y revestimientos.

Arroyo (1983) indica que la efectividad de una madera para resistir cualquier fuerza es función no sólo de la cantidad de sustancia de la pared celular, sino de las proporciones en que se encuentran los componentes de esa pared celular en una pieza dada y también de la cantidad de extractivos depositados en los lúmenes de las células.

Escobar *et al*, (2017) señalan que toda madera sometida a una fuerza exterior, genera una fuerza interna que se opone a ella .Esto se denomina esfuerzo. Se puede definir esfuerzo como aquella fuerza interna que es capaz de resistir las diferentes fuerzas externas, las cuales tienden a cambiar la forma o tamaño de una pieza de madera. La fuerza resistente es igual a la fuerza deformante. Se entiende por esfuerzo, la fuerza o carga aplicada por unidad de área y se expresa en kgf/cm cuadrado

(Vignote y Jiménez, 1996), mencionan que la madera no es un material homogéneo, sino un material muy diferente según el plano o la dirección que se considere. Como resultado de esa desigual configuración, presenta un desigual comportamiento. Es decir es un material anisotrópico y para dar una idea de este comportamiento señalan que la madera, resiste

entre 20 y 200 veces más en el sentido del eje del árbol, que en el sentido transversal.

Flexión estática

Cruz J (2005) menciona que la flexión estática es la resistencia de la viga de una carga puntual, aplicada en el centro de la luz, determinando la tensión en el límite de proporcionalidad, tensión de ruptura y el módulo de elasticidad.

Rivero J (2004) señala que la resistencia a la flexión es una de las más importantes propiedades mecánicas en la utilización de la madera como material de construcción, siendo el factor principal en la construcción de casas, puertas, tejados, paredes de madera, etc .

Aróstegui (1982) al referirse a la flexión estática menciona que es la resistencia que ofrece la madera a una carga que actúa sobre una viga y los valores numéricos promedios sirven de base para obtener los valores de diseño, que son los que se emplean en los cálculos de las vigas. Dentro de los esfuerzos en flexión estática está el módulo de elasticidad (MOE), que es un índice de la facilidad o dificultad que tiene las maderas para su deformación señalando que mientras la madera presente mayor MOE, menor será su deformación.

Vargas (1987) indica que la resistencia a la flexión es una de más importantes propiedades mecánicas en la utilización de la madera como material de construcción, siendo el factor principal en la construcción de casas, puertas, tejados, paredes de madera, etc. Los defectos tienes mucha importancia en la resistencia; nudos, fibras reviradas, rajaduras y otros, reducen la flexión; y si se encuentran en el lado convexo, reducen mucho más la resistencia de la madera.

a) Módulo de Elasticidad

Díaz (2005) indica que el módulo de elasticidad, es una medida de rigidez de un material. Es aquella propiedad de la materia que le permite resistir una fuerza que tiende a cambiar su forma o volumen y que es responsable de la recuperación de su forma o volumen original cuando dicha fuerza deja de actuar.

Spavento (2008) manifiestan que el módulo de Elasticidad en Flexión (MOE): es la medida de rigidez del material. Su cálculo se basa en la razón entre el esfuerzo por unidad de superficie y la deformación por unidad de longitud experimentada por la probeta expuesta a flexión. Constituye un valor indicativo de la rigidez del material y es aplicable solamente a condiciones de trabajo que se encuentren dentro de la zona elástica de la curva carga vs deformación.

$$MOE = \frac{0.25\, x\, P_1\, x\, L^3}{b\, x\, h^3\, x\, \Delta} \quad \left(kg / cm^2\right)$$

Dónde:

MOE : Módulo de elasticidad en Kg/cm^2
Δ : Deflexión en el límite proporcional en cm.
P_1 : Carga al límite proporcional en Kg.
L : Luz de la Probeta en cm.
b : Ancho de la probeta en cm.
H : Altura de la probeta en cm.

b) Módulo de ruptura (esfuerzo unitario máximo)

Cruz (2005) señala que la máxima capacidad resistente que tiene la probeta para soportar una carga en forma gradual durante un período corto de tiempo. Es un criterio de resistencia aceptado mundialmente, aun

cuando no corresponde a una tensión real, debido a que la fórmula con la cual se determina solamente es válida en la zona elástica.

Spavento (2008) indican que el módulo de ruptura (MOR) corresponde a la tensión unitaria máxima en flexión que soporta un material antes de que se produzca la falla. Cualquier incremento de carga sobre el material provocará la rotura del mismo. La especie que presente el menor valor del módulo de ruptura es la que tiene el mejor comportamiento

$$MOR = \frac{1.5\,x\,P_2\,x\,L}{b\,x\,h^2} \quad \left(kg/cm^2\right)$$

Dónde:

MOR: Esfuerzo unitario máximo en Kg/cm^2

P_2 : Carga máxima en Kg.

b : Ancho de la probeta en cm.

h : Altura de la probeta en cm.

c) Esfuerzo unitario en el límite proporcional de la fibra

(Ramos 2016) afirma que el punto de la curva de esfuerzo-deformación unitaria donde se desvía de una línea recta se llama límite de proporcionalidad. Por abajo del límite de proporcionalidad, se aplica ley de Hooke: el esfuerzo es proporcional a la deformación unitaria. Corresponde a la carga unitaria máxima en flexión a la que se expone el material sin que se produzcan deformaciones permanentes.

$$ELPF = \frac{1.5\,x\,P_1\,x\,L}{b\,x\,h^2} \quad \left(kg/cm^2\right)$$

Dónde:

ELPF : Esfuerzo unitario en el Límite Proporcional en Kg/cm^2

P_1 : Carga al límite proporcional en Kg.

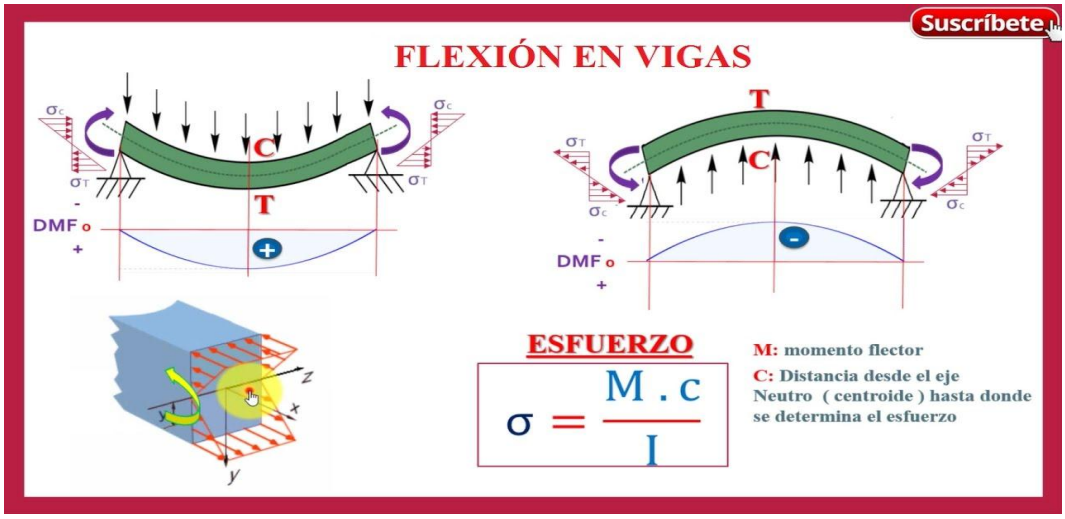
L : Luz de la Probeta en cm.

b : Ancho de la probeta en cm.

H : Altura de la probeta en cm.

2.2.2. Esfuerzo por flexión

Según Gutierrez (2018) en las vigas la flexión genera momentos internos; en un diagrama de momentos flectores internos, un momento positivo significa que en su sección transversal, la fibra inferior al eje neutro (que coincide con el eje centroidal) está sometido a esfuerzos normales de tensión y la fibra superior al eje neutro estará sometido a esfuerzos normales de comprensión .

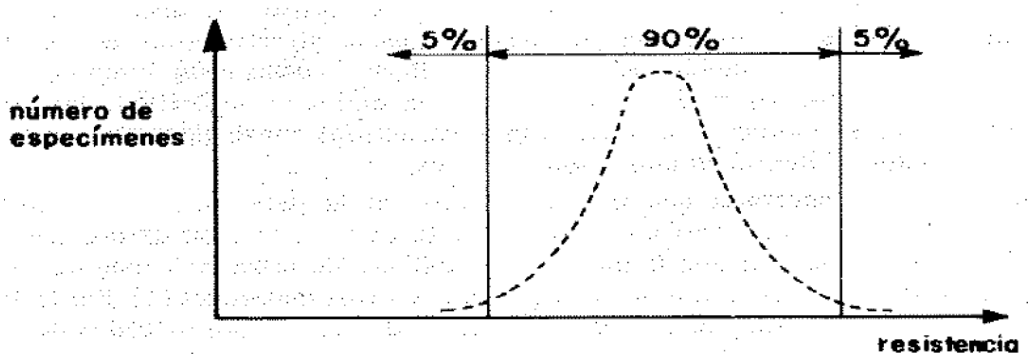


Sin embargo, estos esfuerzos no se distribuyen en forma constante, como en los esfuerzos normales directos, sino que tienen una distribución variable, a partir del eje neutro hasta las fibras extremas. Se puede deducir como es el comportamiento de la sección transversal cuando el momento flector interno es negativo y de igual manera, que en el ejemplo neutro, los

esfuerzos normales son nulos y máximos para cada caso en las fibras extremas.

2.2.3. Valores característicos

JUNAC (1984) define así al esfuerzo correspondiente al límite de exclusión del 5 % inferior. Se adoptado este criterio, en lugar de suponer una distribución normal y determinar probabilísticamente el 5 percentil, porque representa un mejor estimado para toda la población.



Fuente: Dávalos y Bárcenas (1999)

2.2.4 Clasificación de las propiedades mecánicas de la madera

(Dávalos y Bárcenas, 1999) establecieron una escala de clasificación de las maderas mexicanas de acuerdo a sus propiedades mecánicas.

Tabla 1: Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas mexicanas en condición seca al aire (CH=12%)

Flexión estática		Compresión Paralela RM (kg/cm2)	Compresión Perpend. ELP (kg/cm2)	Cizalla-miento (kg/cm2)	Dureza		Clasificación
MOR (kg/cm2)	MOE (t/cm2)				Lateral (kg)	Extremos (kg)	
< 550	< 75	< 325	< 35	< 50	< 150	< 160	Muy bajo
551 – 800	76 – 105	326 – 450	36 – 65	51 - 90	151 – 350	161 - 400	Bajo
801 – 1000	106 -125	451 – 530	66 – 85	91 – 120	351 – 550	401 – 625	Medio
1000 –1300	126 150	531 – 650	86 – 125	121 - 165	551 – 900	426 - 1050	Alto
> 1300	> 150	> 650	> 125	> 165	> 900	> 1050	Muy alto

Fuente: Dávalos y Bárcenas (1999)

Por su parte la (WWF, 2006) estableció criterios cuantitativos para clasificar las maderas en función a sus propiedades mecánicas, cuyo rango, calidad y grado se detalla en la siguiente tabla 02.

Tabla 2: Criterios cuantitativos de las propiedades mecánicas

PROPIEDAD MECÁNICA	RANGO	CALIDAD	GRADO
FLEXIÓN			
Módulo de elasticidad (MOE)			
Clasifica a la madera por su resistencia o esfuerzo a la aplicación de una carga central sin causar deformaciones.	Menor de 100 t/cm²	Muy Flexible	I
	De 101 a 120 t/cm²	Flexible	II
	De 121 a 150 t/cm²	Poco rígida	III
	De 151 a 200 t/cm²	Rígida	IV
	Mayor de 200 t/cm²	Muy rígida	V
Módulo de ruptura (MOR)			
Clasifica a la madera según su resistencia a esfuerzos en el cual se produce la falla o ruptura. Se rompe por influencia de una carga.	Menor de 300 kg/cm²	Muy baja (MB)	I
	De 300 a 500 kg/cm²	Baja (B)	II
	De 501 a 800 kg/cm²	Mediana (M)	III
	De 801 a 1000 kg/cm²	Alta (A)	IV
	Mayor de 1000 kg/cm²		V
COMPRENSIÓN			
Compresión Perpendicular			
Resistencia de la madera a la fuerza que actúa en dirección perpendicular a las fibras. Esfuerzo de las fibras en el limite proporcional de la madera a la fuerza que actúa en dirección perpendicular a las fibras	Menor de 10 kg/cm²	Muy baja (MB)	I
	De 10 a 40 kg/cm²	Baja (B)	II
	De 41 a 70 kg/cm²	Mediana (M)	III
	a 100 kg/cm²	Alta (A)	IV
	Mayor de 100 kg/cm²	Muy alta (MA)	V
Compresión Paralela			
Resistencia de la madera a la fuerza que actúa en dirección paralela a las fibras. La carga que produce la falla se considera resistencia máxima a la comprensión paralela al grano.	Menor de 120 kg/cm²	Muy baja (MB)	I
	De 120 a 240 kg/cm²	Baja (B)	II
	De 241 a 360 kg/cm²	Mediana (M)	III
	De 361 a 480 kg/cm²	Alta (A)	IV
	Mayor de 480 kg/cm²	Muy alta (MA)	V
CIZALLAMIENTO			
Corte paralelo a las fibras.	Menor de 30 kg/cm²	Muy baja (MB)	I

Resistencia que ofrece la madera a la acción de dos fuerzas opuestas	De 30 a 60 kg/cm²	Baja (B)	II
	De 61 a 90 kg/cm²	Mediana (M)	III
	De 91 a 120 kg/cm²	Alta (A)	IV
	Mayor de 120 kg/cm²	Muy alta (MA)	V
DUREZA EN LOS LADOS			
Resistencia de un cuerpo a la penetración de otro. Se clasifican el promedio de las cargas máximas de las cuatro caras de la pieza de madera. Sirve para clasificar a la madera según su dureza lateral.	Menor de 100 kg/cm²	Muy baja (MB)	I
	De 100 a 300 kg/cm²	Baja (B)	II
	De 301 a 600 kg/cm²	Mediana (M)	III
	De 601 a 900 kg/cm²	Alta (A)	IV
	Mayor de 900 kg/cm²	Muy alta (MA)	V

Fuente: Guía de procesamiento Industrial de las maderas LKS del proyecto de WWF (2006)

2.2.5. Defectos en la madera estructural

(JUNAC, 1984), afirma que cualquier irregularidad o imperfección que afecta las propiedades físicas, químicas y mecánicas de una pieza de madera puede considerarse como un defecto. Por lo tanto la finalidad de clasificar por defectos es limitar la presencia con el fin de obtener piezas de madera con características mínimas garantizadas. Variando las tolerancias puede definirse un sin número de clases, sin embargo para tal caso existe reglas o normas de clasificación de madera para uso estructural. Determina a los defectos en la madera estructural como sigue:

a) Defectos originados por la constitución anatómica de la especie:

- Medula excéntrica
- Durámen quebradizo
- Bandas anchas de parénquima
- Grano inclinado
- Grano entrecruzado
- Nudo sano
- Nudo hueco

- Nudo arracimado

b) Defectos originados por ataques biológicos:

- Perforaciones pequeñas
- Perforaciones grandes
- Hongos
- Mohoss
- Mancha
- Pudrición clara, castaña.

c) Defectos originados durante el secado de la madera:

- Alabeos
- ✓ Abarquillados
- ✓ Arqueaduras
- ✓ Encorvaduras
- ✓ Torceduras
- Escamadura
- Grieta
- Rajadura

d) Defectos originados antes y durante el procesamiento de la madera:

- Arista faltante
- Fallas de comprensión

2.2.6. Importancia de la clasificación de la madera

(Fraipont, 1992) precisa que la clasificación de la madera es aplicada en la industria de la madera por dos razones importantes:

a) Razón económica

En las transacciones comerciales se necesita tener en claro todas las características del producto y llegar a un buen acuerdo entre el comprador y el vendedor para dar un precio justo al producto clasificado.

b) Razón técnica

- Para optimizar la materia prima
- Para valorizar el producto, eliminando eso que no puede ser aceptado.

2.2.7. Evaluación de defectos

Según NTE INEN 2580:2011 clasifica los criterios que deben aplicarse para la clasificación de los tipos de piezas.

a) Defectos originados por la constitución anatómica de la especie

a.1) Médula incluida

Este defecto se debe a la presencia de secciones de médula en parte de la pieza. Para reconocer este defecto se debe mirar los extremos de las piezas donde se ubican más fácilmente y de manera concéntrica los anillos de crecimiento, para luego determinar su prolongación a lo largo de la pieza.

a.2) Duramen quebradizo

Son grietas anchas, sinuosas y profundas que se forman por separaciones en el leño. Se reconocen observando los extremos de las piezas, en las zonas del duramen cercanas a la médula, donde generalmente aparecen las grietas.

a.3) Bandas anchas de parénquima

Son zonas conformadas por células de parénquima distribuidas en bandas anchas de variado espesor a lo largo y ancho de las piezas. Se las reconoce fácilmente, por el color blanquecino que se observa, definidos por los anillos de crecimiento.

a.4) Por grano:

- **Grano recto**

Es la disposición del grano en sentido longitudinal y paralelo al eje de la pieza. Se identifica observando la dirección del grano al interior de la madera de manera paralela al eje de la escuadría.

- **Grano inclinado**

Es la desviación angular que presenta el grano con respecto al eje longitudinal de la pieza de madera. Se identifica observando la inclinación de las fibras con respecto al eje longitudinal de la pieza.

- **Grano entrecruzado**

Es debido a la disposición de las fibras que crecen en forma de espiral con respecto al eje del árbol. Se identifica en las piezas de corte radial, debido a que el grano entrecruzado se presenta en las caras como bandas o franjas longitudinales, de tonos claros y obscuros.

a.5) Por nudos:

- **Nudo sano**

Es la porción de rama entrecruzada con el resto de madera. Se lo reconoce por estar totalmente fijo y no soltará o aflojará durante los

procesos de secado y uso; y, no presenta rasgos de deterioro ni de pudrición.

- **Nudo hueco**

Es el espacio vacío o hueco dejado por un nudo al desprenderse de la madera. Al nudo suelto o con deterioro se le debe considerar como nudo hueco. Se lo reconoce por el vacío de forma irregular que ha dejado en el punto de separación de las fibras.

- **Nudos arracimados**

Son el producto de dos o más nudos agrupados por las desviaciones de las fibras que los rodean y alteran en gran proporción el grano de toda la pieza. Se los identifica por la cantidad de nudos juntos que se presentan asociados a desviaciones de las fibras.

b) Defectos que provienen del secado de la madera

b.1) Abarquillado

Es la curvatura en dirección transversal que sufren las piezas. Se reconocen al colocar una pieza sobre una superficie plana, donde las aristas o bordes longitudinales no se encuentran a un mismo nivel de la parte central, observándose una cavidad de forma cóncava.

b.2) Arqueadura

Es el alabeo o curvatura de las caras en dirección longitudinal. Se reconoce al observar la luz o separación entre la cara de la pieza y la superficie plana de apoyo.

b.3) Encorvadura

Es el alabeo de los cantos en sentido longitudinal. Se reconoce, al poner la pieza sobre una superficie plana y se observa una separación entre el centro del canto y los dos puntos de apoyo.

b.4) Torcedura

Es el alabeo simultáneo en la dirección longitudinal y transversal. Se identifica en las esquinas de una pieza, cuando éstas no se encuentran en el mismo plano.

c) Defectos debidos al aserrado de la madera

c.1) Escamadura o acebolladura

Es la separación del leño entre dos anillos de crecimiento consecutivos. Se le reconoce porque aparecen como escamas superficiales de forma irregular en las caras tangenciales de la pieza, o sobre los cantos y caras de manera simultánea. En este caso es necesario establecer el grado de afectación que ha sufrido la pieza, puesto que de ello depende que la pieza pueda fallar.

c.2) Grietas

Es la separación de elementos constitutivos de las maderas cuya profundidad no alcanza a afectar las dos caras de una pieza aserrada, es decir no la atraviesa completamente. Se reconoce porque son separaciones discontinuas y superficiales de aproximadamente 1 mm de ancho y de 2 mm a 3 mm de profundidad.

c.3) Rajaduras

Es la separación de los elementos constitutivos de la madera que afecta totalmente a todo el espesor de la pieza. Se reconoce porque la rajadura atraviesa de un lado a otro y se extiende en dirección al eje. Generalmente se presenta en uno o en los dos extremos.

c.4) Arista faltante

Es la falta de madera en una de las aristas de una pieza, en algunos casos suele estar ocupada por corteza. Se le reconoce porque en vez de arista se encuentra un perfil transversal, con relación al canto y cara de la pieza.

c.5) Fallas de compresión

Son deformaciones o roturas de las fibras de la madera como resultado de una compresión o flexión excesivas. Estas fallas solo pueden observarse en piezas que han sido cepilladas, donde aparecen como arrugas perpendiculares al grano.

d) Defectos debidos a la sanidad de la madera

d.1) Por ataque de insectos

- **Perforaciones pequeñas**

Son huecos o galerías de 1mm a 3 mm de diámetro, producidas por insectos xilófagos. Se las identifica observando en el interior de las piezas.

- **Perforaciones grandes**

Son huecos o galerías mayores a 3 mm de diámetro producidas por el ataque de insectos xilófagos. Se las identifica observando en el interior de las piezas, donde se combinan huecos grandes con medianos.

d.2) Por Ataque de hongos

- **Mohos**

Son hongos que se desarrollan en la superficie de la madera, aparecen generalmente cuando hay abundancia de humedad. Se les reconoce debido a que su crecimiento da origen a la formación de un manto algodonoso de color amarillo o blanco.

- **Manchas**

Son producidas por hongos cromógenos que cambian el color de la madera, cuando penetran entre los espacios intercelulares para alimentarse. Se los puede identificar por el cambio de coloración de la madera en los sitios de ataque.

- **Pudriciones**

✓ **Pudrición clara**

Se caracteriza por la coloración blanca de la madera como consecuencia de la descomposición preponderante de la lignina y de las células. Se identifica porque el material residual se asemeja a un esqueleto de fibras descompuestas constituidas casi exclusivamente por celulosa.

✓ **Pudrición castaña**

Se caracteriza por una coloración castaña oscura de la madera, como consecuencia de la descomposición de la celulosa. Se identifica porque la madera adquiere un aspecto de pequeños cubos o bloques formada casi exclusivamente por lignina.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

El (INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD (INACAL), 2003) define la siguiente terminología:

- **Albura**

  Capa de madera suave que se encuentra inmediatamente después de la corteza. Generalmente es de color blanquecino, fisiológicamente activa y está ubicada entre el duramen y la corteza.

- **Anillo de crecimiento**

  Son capas concéntricas de crecimiento observables en la sección transversal de la madera. Son totalmente definidos en especies maderables que crecen en climas templados y poco marcados o a veces no diferenciados en especies tropicales.

- **Anisotropía**

  Son los cambios dimensionales observados en la madera y varía en cada una de las tres direcciones (longitudinal, tangencial y radial).

- **Carga en el límite proporcional (ELP)**

  Es el valor de la carga correspondiente al límite proporcional.

- **Cizallamiento**

  Es la propiedad de un material de resistir a esfuerzos que tienden a seccionarlos en determinado plano por ejemplo en la dirección paralela a las fibras. Es la resistencia que ofrece la madera a fuerzas paralelas de sentido opuesto que tiende a causar que una porción

de ella se mueva con respecto a la otra; el esfuerzo de corte es resistido básicamente por la sustancia cementante, es decir, la lignina.

- **Compresión paralela**

La madera presenta gran resistencia a los esfuerzos de comprensión paralela a sus fibras, esta proviene del hecho de que las fibras están orientadas en su eje longitudinal en esa dirección y que a su vez coincide, o está muy cerca de la orientación de las microfibrillas que constituyen la capa media de la pared celular. La resistencia a la comprensión paralela es aproximadamente la mitad de su resistencia a la tracción.

- **Compresión perpendicular**

Bajo este tipo de carga las fibras están sometidas a un esfuerzo perpendicular a su eje y que tiende a comprimir las pequeñas cavidades contenidas en ellas esto permite que se pueda cargar la madera sin que ocurra una falla claramente distinguible. Al incrementarse la magnitud de la carga la pieza se va comprimiendo (aplastando los pequeños cilindros que se asemejan las fibras), aumentando su densidad y también su misma capacidad para resistir mayor carga. La resistencia está caracterizada por el esfuerzo al límite proporcional. Este varía entre ¼ a 1/5 del esfuerzo al límite proporcional en compresión paralela.

- **Contenido de humedad**

Es la cantidad de agua contenida en la madera; se expresa como porcentaje de su masa anhidra.

- **Contenido de humedad en equilibrio**

  Es aquel contenido de humedad en la cual la madera está en equilibrio con el medio ambiente circundante.

- **Defecto o singularidad**

  Cualquier irregularidad de la madera que afecta las propiedades físicas, mecánicas y/o químicas, determinando generalmente una limitación en su uso o aplicaciones.

- **Deformabilidad**

  Es la capacidad de la madera de cambiar sus dimensiones y forma bajo la acción de las fuerzas.

- **Deformación elástica**

  Propiedad de la madera de deformarse bajo la acción de una fuerza y regresar a su forma original al cesar la fuerza que la original.

- **Deformación permanente o plástica**

  Deformación no recuperable pese a cesar las fuerzas que la originan.

- **Densidad básica**

  Es aquel peso específico que expresa la relación entre la masa anhidra de una pieza de madera y su volumen verde (Vv), multiplicado por la densidad del agua, se expresa en g/cm^3.

- **Desgaste**

  Es la perdida de sección de una pieza de madera debida al efecto erosivo de algún agente atmosférico como el viento (erosión eólica), lluvia (erosión hídrica). El desgaste es mayor en la sección transversal, menor en la sección tangencial y muy pequeña en la sección radial.

- **Durámen**

  Leño biológicamente inactivo y que generalmente se diferencia de la albura por su color más oscuro. Puede estar infiltrado por formas, resinas y otros materiales que lo hacen más oscuro y más resistente a los ataques de los microorganismos. Se encuentra localizado en el centro del árbol, entre la médula y la albura.

- **Dureza**

  La dureza de la madera es la resistencia que opone al desgaste, rayado, clavado, etc. Depende de su densidad, edad, estructura y si se trabaja en sentido de sus fibras o en el perpendicular. Cuanto más vieja y dura sea, mayor la resistencia que opone. La madera de duramen tiene mayor resistencia que la de albura: la crecida lentamente obtiene una mayor resistencia que la madera que crece de prisa.

- **Esfuerzo**

  Es la fuerza interna (reacción a la carga exterior) medida por unidad de superficie.

- **Esfuerzo al límite proporcional**

Es el esfuerzo unitario máximo que puede desarrollarse sin causar una desviación de la ley de proporcionalidad entre el esfuerzo unitario y la deformación unitaria.

- **Fatiga de un material**

Es la consecuencia de la repetición de un esfuerzo que genera una tensión que soporta sin romperse y provocada por una carga cuya magnitud varia un número infinito de veces.

- **Flexión estática**

La diferencia entre la resistencia a la tracción y a la comprensión paralela resulta en un comportamiento característico de las vigas de flexión; como la resistencia a la comprensión es menor que a la tracción, la madera falla primero en la zona de comprensión, con ello se incrementan las deformaciones en la zona comprimida, el eje neutro se desplaza hacia la zona de transición, lo que a su vez hace aumentar rápidamente las deformaciones totales, finalmente la pieza se rompe por tracción.

- **Grano**

Se refiere a la dirección, tamaño, arreglo, apariencia o calidad de las fibras de madera. Cuando se usa con adjetivos calificativos, tienen significados especiales relativos a la dirección de las fibras o a la dirección y tamaño de los anillos de crecimiento; por ejemplo a través del grano, a lo largo del grano.

- **Grano recto**

  Es la disposición de las fibras y demás elementos longitudinales dispuestos paralelos al eje de la pieza.

- **Hendibilidad**

  Es la facilidad de la madera a separarse en el sentido de las fibras al vencer con un elemento de corte la fuerza de cohesión de los elementos constitutivos

- **Intemperismo**

  Es la desintegración física, química, mecánica y decoloración de la madera expuesta a agentes atmosféricos.

- **Módulo de rotura (MOR)**

  Es el esfuerzo mayoritario máximo provocado en una probeta de madera en el momento de su rotura. Es el máximo esfuerzo de la fibra en flexión calculado a partir del momento máximo de flexión sobre la base de distribución del esfuerzo asumido

- **Módulo de elasticidad (MOE)**

  Es la relación entre el esfuerzo por unidad de superficie sobre la deformación por unidad de longitud, constituyendo una medida de rigidez o flexibilidad de la madera. Cuanto más alto sea su valor mayor será su rigidez. Es el valor numérico de la relación constante del esfuerzo unitario a la deformación unitaria dentro del campo de las deformaciones elásticas. Mide el valor de la deformación

- **Plasticidad**

  Es la capacidad de soportar una carga y experimentar una deformación permanente, esta es una cualidad muy útil en ebanistería

- **Peso específico aparente**

  Es la relación entre la masa y el volumen de la madera a un contenido de humedad determinado.

- **Propiedades mecánicas**

  Las propiedades mecánicas de la madera miden su aptitud o capacidad para resistir cargas o fuerzas externas.



Fuente. NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 251.001.2003.Terminología. INACAL. 17 p.

Figura 1: Madera aserrada de *Ziziphus cinnamomum* (achuni caspi) – Pucallpa.

CAPÎTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Para la recopilación de datos o información para el estudio, se utilizó el método experimental y descriptivo. Experimental por que las variables niveles longitudinales del fuste se manejó a criterio del investigador. Descriptivo por que se describió las variables tipo de defecto y numero de defectos en la madera.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

La población estuvo constituida por todos los arboles de la una especie (achuni caspi) ***Ziziphus cinnamomum*** con DAP (Diámetro a la altura del pecho) mayor de 40 cm. del Centro de Investigación y Capacitación Forestal (CICFOR) de la Universidad Nacional de Ucayali, políticamente se encuentra en el Km. 5, margen izquierda de la carretera Fernando Belaunde Terry, tramo San Alejandro - Puerto Súngaro, ubicado en:

- Distrito: Tournavista
- Provincia: Puerto Inca
- Región: Huánuco

Muestra

La muestra estuvo conformada por tres (3) árboles de (achuni caspi) ***Ziziphus cinnamomum,*** elegidos aleatoriamente, presentaron diferentes diámetros y y buen aspecto físico y buen estado fitosanitario.

3.3. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.3.1. Localización y marcados de arboles

En bosque del Centro de Investigación y Capacitación Forestal (CICFOR) Macuya de la Universidad Nacional de Ucayali se localizaron los árboles de la especie (achuni caspi) ***Ziziphus cinnamomum*** Tr.& Pl., de donde se extraerán las muestras para el estudio. Se ejecutaron los trabajos de campo como el marcado de tres (3) árboles elegidos al azar, para ello se contó con GPS, brújula, clinómetro, binoculares, cinta diamétrica.

3.3.2. Extracción de árboles de la especie

a) Talado, trozado y marcado de arboles

El talado de los tres (3) árboles de ***Ziziphus cinnamomum*** Tr.& Pl. (achuni caspi)**,** se realizó utilizando una motosierra y empleando la técnica conocida a 50 cm del suelo. Se realizaron los despuntes de las copas de cada árbol y el fuste fue trozado en tres partes, denominándoles trozas del nivel basal, del nivel medio y del nivel apical.

Las trozas fueron marcadas con pintura esmalte, precisando el número del árbol y el número de troza del mismo árbol. Los extremos de las trozas fueron selladas con pintura esmalte, para reducir la perdida de humedad rápidamente.

b) Desembosque de trozas

El desembosque de las trozas desde el tocón hasta el borde de la carretera se llevó a cabo en forma manual.

c) Transporte de las trozas

El transporte mayor de las trozas, desde el bosque hasta el patio de trozas del taller de carpintería de la UNU (91 km), se realizó con un camión.

3.3.3. Identificación botánica de la especie

Se coleccionaron muestras fértiles de los árboles talados para la identificación botánica de la especie *Ziziphus cinnamomum* Tr.& Pl. /achuni caspi). Dicha identificación se realizó en el Laboratorio de Dendrología de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (UNIA).

3.3.4. Aserrío de trozas

Con el aserradero portátil de cinta de la UNU, se procedió a cortar la madera en trozas, para convertirlos en tablones de 2 pulgadas de espesor.

3.3.5 Preparación de probetas

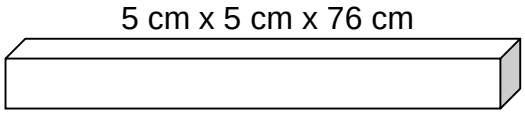
En el Taller de Carpintería de la UNU se reaserraron la madera en tablones, dimensionándolas de acuerdo a la NTP 251.009 y ASTM, obteniéndose un total de 139 probetas de 5 cm x 5 cm x 76 cm de *Ziziphus cinnamomum* Tr.& Pl., para los ensayos de flexión estática, las mismas que fueron acondicionadas en el laboratorio de Tecnología de la madera, para los ensayos respectivos.

3.3.6. Ensayo de flexión estática

Para este ensayo de las probetas de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr.& Pl. (achuni caspi) se tuvo en cuenta las siguientes características:

- Probetas con dimensiones de 5x5x76cm.

- Cabezal de metal, con densidad no menor de 1 g/cm^3
- Dispositivos de apoyo, de metal de aproximadamente 5 x 5cm.
- Prensa Universal.
- Se aplicó la carga en la cara tangencial más cercana a la médula.
- El eje del cabezal coincidió con el centro de luz de la probeta.
- Velocidad de la carga de 2.5 mm/min.
- Se registraron las deflexiones e intervalos a conveniencia, hasta que se produzca la rotura de la probeta.
- Se aplicó lo establecido en la norma NTP 251.010



a) Módulo de ruptura (MOR)

El MOR fue calculado utilizando la siguiente expresión:

$$MOR = \frac{1.5\,x\,P_2\,x\,L}{b\,x\,h^2} \quad \left(kg/cm^2\right)$$

Dónde:

MOR : Modulo de ruptura en Kgf/cm^2

P_2 : Carga máxima en Kgf.

b : Ancho de la probeta en cm.

H : Altura de la probeta en cm.

L : Luz de la probeta en cm.

b) Módulo de elasticidad (MOE)

El MOE fue calculado utilizando la siguiente expresión:

$$MOE = \frac{0.25\,x\,P_1\,x\,L^3}{b\,x\,h^3\,x\,\Delta} \quad \left(kg/cm^2\right)$$

Dónde:

MOE: Módulo de elasticidad en Kgf/cm^2

Δ: Deflexión en el límite proporcional en cm.

P_1: Carga al límite proporcional en Kgf.

L: Luz de la Probeta en cm.

b: Ancho de la probeta en cm.

h: Altura de la probeta en cm.

c) Esfuerzo por flexión

El esfuerzo por flexión de la madera fue calculado con la siguiente expresión:

$$\sigma = \frac{M * c}{I}$$

Donde:

σ = Esfuerzo por flexión (kg/cm²)

M = Momento flector en kg – cm

c = Distancia de la probeta hasta el eje neutro o centroide en cm

I = Momento de inercia en cm^4

d) Valores característicos

Los valores característico de esfuerzo en flexion y Modulo de elasticidad (MOE) de la madera de achuni caspi se determinó con la siguiente expresión:

$$\mathbf{MOE_{0.05} = \frac{(MOE_{max} - MOE_{min}) * 5}{100} + MOE_{min}}$$

Donde:

$MOE_{0.05}$ = Valor característico del MOE
MOE_{max} = Valor máximo del MOE
MOE_{min} = Valor mínimo del MOE

3.3.7 Evaluación de defectos

Para cuantificar y caracterizar los defectos de la madera de ***Ziziphus cinnamomum Tr.& Pl.*** (achuni caspi) se evaluó las piezas de madera por niveles del fuste una por una, la presencia de defectos aceptándolas o rechazándolas, según sus defectos y tolerancias, de acuerdo a la recomendación de la Norma de Clasificación Visual con Fines Estructurales (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, 1984)

3.4. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.4.1 Técnicas

La técnica utilizada para la recolección de datos fueron los ensayos mecánicos realizados en la prensa universal bajo la Norma NTP 251.017. (2004). Para la cuantificación y caracterización de los defectos se utilizó la Norma de Clasificación Visual con Fines Estructurales (JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, 1984).

3.4.2 Instrumentos

El instrumento de recolección de datos fue la observación directa en el laboratorio y como complemento se elaboraron formatos que facilitó la recopilación de datos

Para la obtención de datos se utilizaron los siguientes materiales, equipos y maquinarias

Materiales

- Cinta métrica de 5 m.
- Pintura spray
- Libreta de campo
- Cinta diamétrica

Equipos e instrumentos

- Estufa eléctrica con termostato regulable y rango de operación de 103± 2°C
- Balanza digital precisión
- Prensa universal Pinius Olsen
- Computadora
- Impresora
- Scanner
- Cámara fotográfica
- Detector de humedad eléctrico
- GPS
- Brújula
- Clinómetro
- Binoculares.

Maquinarias

- Motosierra
- Camión
- Sierra circular

3.5. TRATAMIENTO DE LOS DATOS

Para determinar la cantidad de madera defectuosa y no defectuosa, asi como los tipos de defectos presentes en la madera de *Ziziphus*

cinnamomum Tr. & Pl. (achuni caspi), se realizaon tablas e histogramas respectivamente. Para aseverar si los defectos se distribuían en todo el fuste o se concentraban en un nivel o niveles se realizó la Prueba de independencia

Para verificar la existencia de diferencias significativas entre los valores promedio del módulo de ruptura, módulo de elasticidad y esfuerzo por flexión de la madera se realizaron los análisis de varianzas respectivos.

Para determinar los valores característicos del esfuerzo por flexión (Fm) y módulo de elasticidad (MOE) de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi) de aplicó el método del quinto percentil.



Figura 2: Ensayos en el Laboratorio de propiedades físicas y mecánicas de la UNA La Molina.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DEFECTOS EN LA MADERA DE *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (ACHUNI CASPI)

4.1.1 Proporción entre madera defectuosa y no defectuosa

Tabla 3. Distribución porcentual de madera de achuni caspi con defectos y libre de defectos

PIEZAS DE MADERA				TOTAL DE PIEZAS DE MADERA	
Sin defecto		Con defectos			
Nº	%	Nº	%	Nº	%
99	78	28	22	127	100

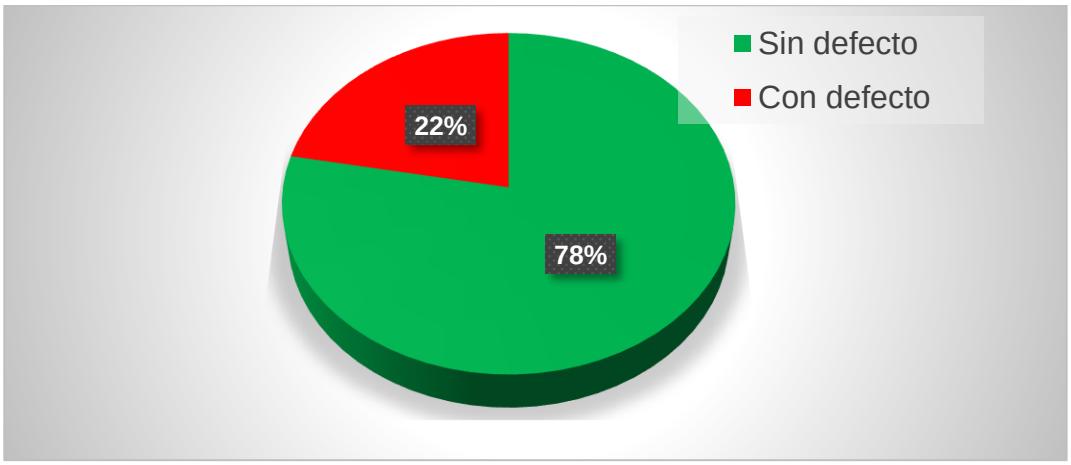


Figura 3. Distribución porcentual piezas de madera de achuni caspi con defectos y libre de defectos

En la tabla 3 y figura 3 se aprecia que el porcentaje de madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi) que contiene al menos un defecto está representado por el 22 % del total de piezas de madera y que el 78 % representa la madera libre de defecto.

Al respecto (Steele *et al.,* 1994) y (Casado, 1997) mencionados por (Orozco R., 2016) afirman que las características de la troza afectan la calidad y volumen de las tablas, e identifican algunos factores como el

diámetro, longitud, conicidad y longitud de la troza, que afectan los rendimientos de madera aserrada. Por su parte (Thomas, 2008) señala que conocer con precisión aspectos sobre el tamaño, forma y localización de defectos internos de la troza es información clave para mejorar el valor y la calidad de la madera aserrada. (Zhang y Lei, 2006) documentan que se pueden predecir los rendimientos de madera aserrada mediante las características de los árboles obtenidas directamente en los sitios forestales, como variables predictoras.

Si se compara con datos obtenidos por (Del Castillo J., 2018) en Iquitos con la madera aserrada de *Calycophyllum spruceanum* Bent.(capirona) quien encontró 24.59% de madera defectuosa y 75 41 % de madera de buena calidada (sin defectos) valores muy similares a los encontrado para la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi) con 22% de madera defectuosa.

4.1.2 Principales defectos que afectan la madera de achuni caspi

Tabla 4. Principales defectos y su distribución porcentual en la madera de achuni caspi

DEFECTOS	CANTIDAD	%
Nudo sano	7	5.5
Nudo hueco	7	5.5
Rajaduras	4	3.1
Duramen quebradizo	4	3.1
Perforaciones grandes	3	2.4
Grietas superficiales	2	1.6
Sin defectos	99	78.0
TOTAL	127	100.0

La tabla 4 y figura 4 muestran los principales defectos y su distribución porcentual en la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi); en ella se encontró que los nudos sanos y los nudos huecos son los defectos más frecuentes cada uno con el 5.5%, seguidos de los defectos como rajaduras y duramen quebradizo con 3.15% cada uno, mientras que las perforaciones grandes y grietas superficiales en menor proporción.

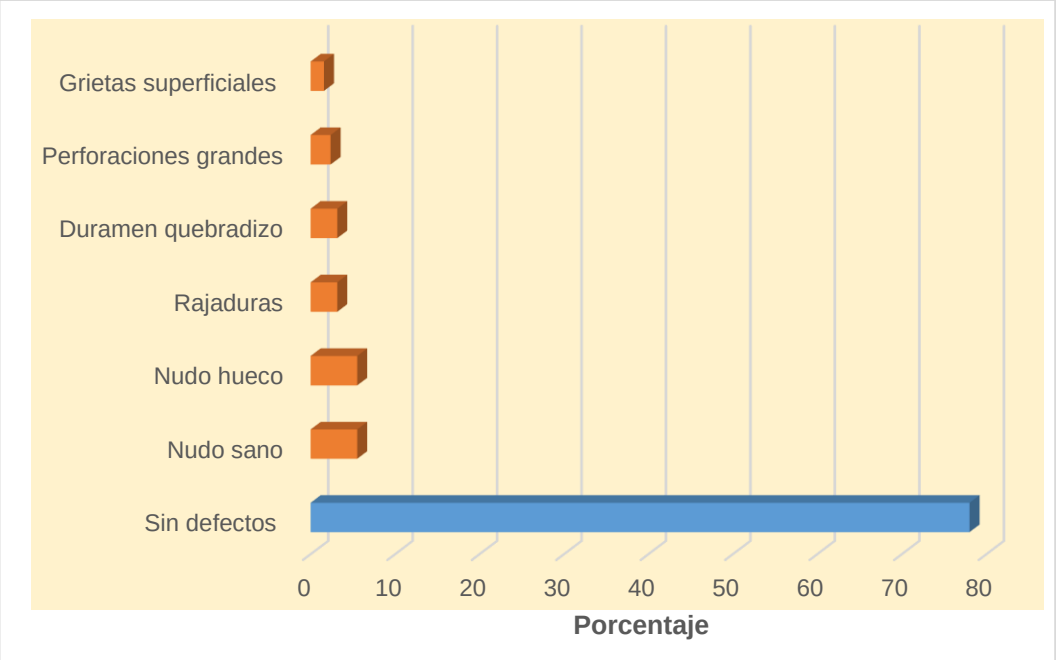


Figura 4. Distribución porcentual de los defectos en la madera de achuni caspi

Considerando que la madera es de naturaleza orgánica, podemos afirmar que la madera aserrada es susceptible de presentar toda una gama de defectos que se pueden deber a las condiciones naturales de crecimiento del árbol, a los procesos de aserrado o secado, al ataque de agentes biológicos, y a los originados por un mal almacenamiento o transporte. Cualquiera que haya sido la causa de aparición de defectos en la madera, es conveniente conocer los diversos tipos de defectos, su origen y la manera de medir su magnitud, ya que esto permitirá la aplicación de alguno de los métodos que existen para restringir su presencia, tipo, forma, tamaño y ubicación en las piezas de madera. Conviene aclarar que la mayoría de los investigadores han clasificado los defectos en las siguientes

clases: defectos naturales u originados por la constitución anatómica de la especie, defectos originados por ataques biológicos y defectos originados durante el secado. (Chan M. et al,, 2002).

4.1.3 Distribución porcentual de la madera con defectos por niveles longitudinales del fuste

En la tabla 5 y figura 5, se observa la distribución porcentual de madera con defectos y sin defectos por niveles longitudinales del fuste. Con la finalidad de determinar si las maderas con defectos tienen alguna dependencia ce los niveles longitudinales del fuste se realizaron la prueba de independencia, cuyo resumen de muestra en la tabla 6.

Tabla 5. Distribución porcentual de la madera con defectos y sin defectos por niveles longitudinales del fuste.

Niveles del fuste	Piezas con defectos		Piezas sin defecto		Total	
	Cantidad	%	Cantidad	%	Cantidad	%
Basal	12	9.4	34	26.6	46	35.9
Medio	4	3.1	33	25.8	37	28.9
Apical	12	9.4	32	25.0	44	34.4
Total	28	21.9	99	77.3	128	100.0

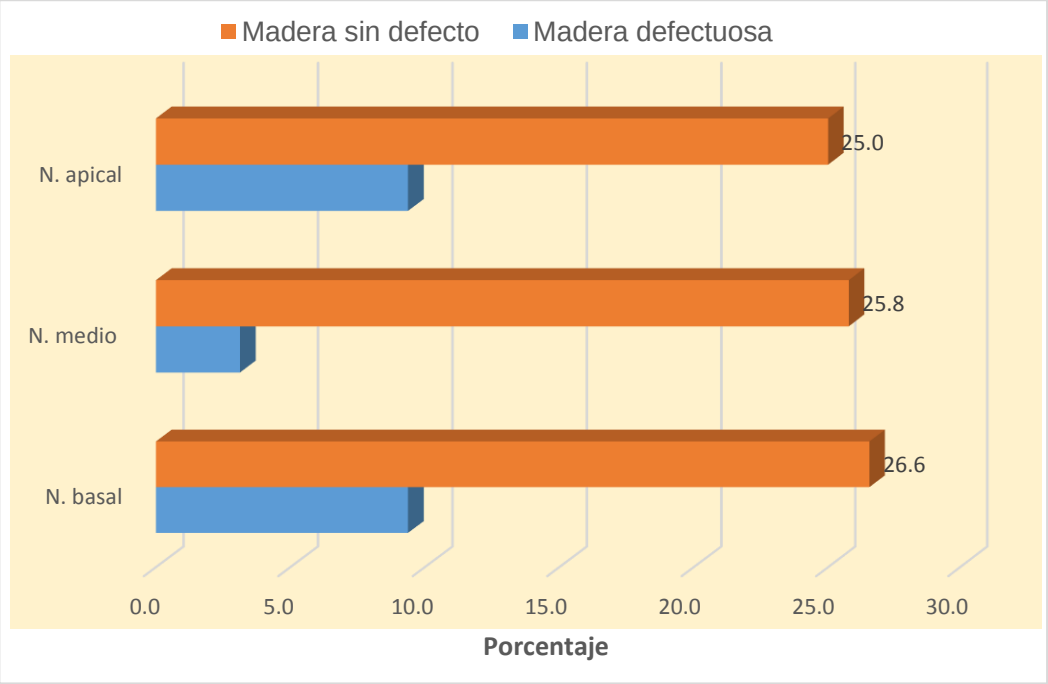


Figura 5. Distribución porcentual de la madera defectuosa y sin defectos por niveles longitudinales del fuste.

Tabla 6. Prueba de independencia de las variables niveles longitudinales del fuste vs estado sanitario de la madera

Variables	X^2 obs.	X^2 tab. ∞ = 0.05	Nivel significancia
Niveles longitudinales del fuste vs estado sanitario de la madera	3,854	5,991	N.S.

De la tabla 6 se deduce que no existe un relación significativa entre los niveles longitudinales del fuste y el estado sanitario de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi), pudiéndose presentar los defectos a lo largo del fuste.

Los resultados obtenidos resulta contrario al compararlo con la información proporcionado por (Tangoa H., 1998) quien trabajo con madera de *Guazuma crinita* Mart (bolaina blanca), determinando que existe una

relación significativa directamente proporcional entre los niveles longitudinales del fuste comercial y las magnitudes de los siguientes defectos: arqueadura, encorvadura, tamaño de nudos huecos y sanos, número de nudos/metro y diámetro de nudos; no encontró relaciones entre los niveles longitudinales del fuste y las magnitudes de los defectos tales como: inclinación del grano y rajadura.

4.2 RESISTENCIA A LA FLEXION ESTATICA DE LA MADERA

4.2.1 Módulo de ruptura (MOR)

Tabla 7. Resultados promedios del MOR por niveles longitudinales del fuste

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	UNID.	NIVELES DEL FUSTE			PROMEDIO
		N. basal	N. medio	N. apical	
Promedio (X)	Kgf/cm^2	928	921	945	932
Desv. Estándar (s)	Kgf/cm^2	124	143	100	122
Coef, variación (CV)	%	13.3	15.5	10.6	13.16

En la tabla 7 y figura 6 se muestra los valores promedios del módulo de ruptura por niveles longitudinales del fuste de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi). Para determinar si existe diferencias significativas entre los valores promedios del módulo de ruptura por niveles longitudinales del fuste, se realizó el análisis de varianza de un factor ($ANVA_1$), cuyo resumen lo detalla la tabla 8.

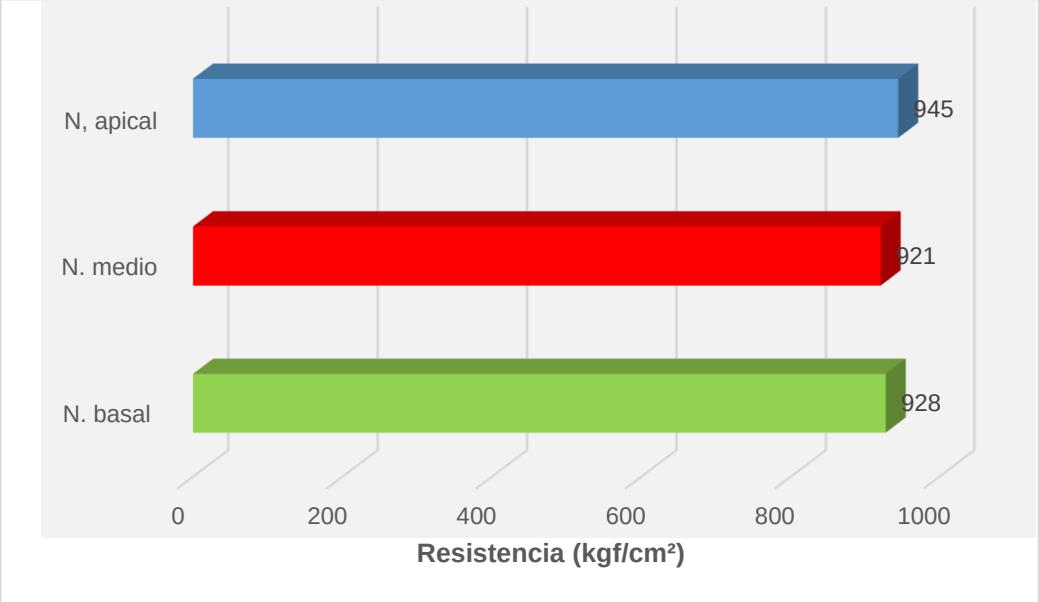


Figura 6. Módulo de ruptura de la madera de achuni caspi

Tabla 8. ANVA$_1$ del módulo de ruptura de la madera de achuni caspi

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	F obs	F Tab ∝= 0.05	NIVEL SIGNIFIC.
Entre niveles	2	12277.3	6138.7	0.410	3.072	N. S.
Error	123	1841848.8	14974.4			
Total	125	1854126.15				

En la tabla 8, se aprecia que no existe diferencias significativas entre los MOR de cada nivel longitudinal del fuste, lo que ha conllevado a estimar un MOR promedio de la madera de achuni caspi de cualquier nivel del fuste, cuyo valor es de 932 kgf/cm², con un CV de 13.16% (tabla 7).

Si se compara el valor promedio del MOR obtenidos en el presente estudio (932 Kgf/cm²), con los valores de la escala mencionada por (Sibille, 2006), la madera de *Ziziphus cinnamomu* Tr. & Pl. (achuni caspi) clasifica como madera de alta resistencia, discrepando con la escala establecida por

(Dávalos y Bárcenas, 1999) que clasifica a esta madera como de resistencia media.

4.2.2 Esfuerzo por flexión (Fm)

Tabla 9: Resultados del esfuerzo por flexión de la madera de achuni caspi

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	UNID.	NIVELES DEL FUSTE			PROMEDIO
		N. basal	N. medio	N. apical	
Promedio (X)	Kgf/cm²	390	387	397	391
Desv. Estándar (s)	Kgf/cm²	52.0	60.0	42.2	21.4
Coef, variación (CV)	%	13.3	15.5	10.6	13.2

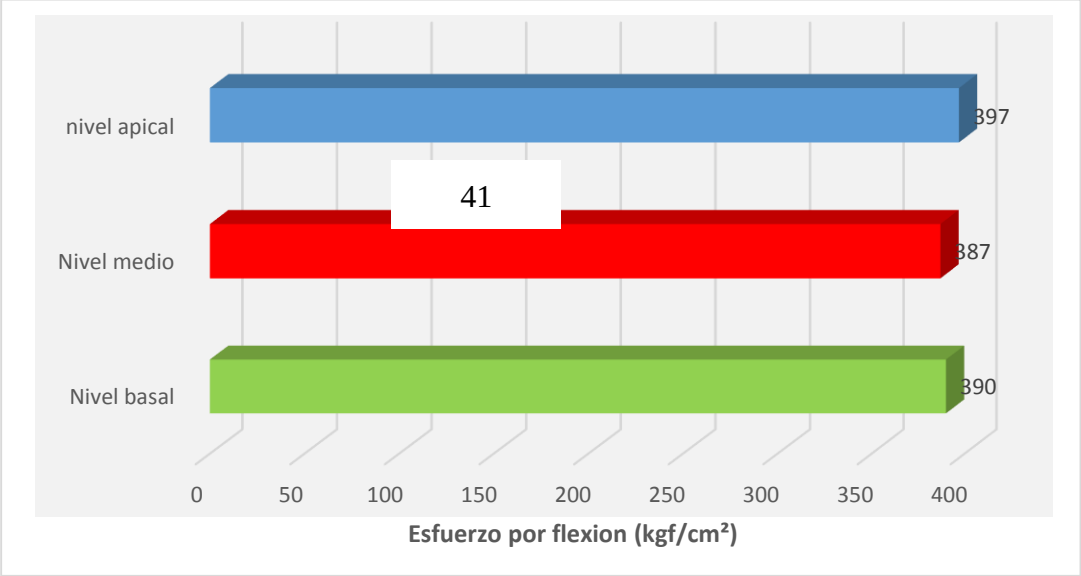


Figura 7: Esfuerzo por flexión de la madera de achuni caspi

La tabla 9 y la figura 7 muestran los valores promedios por niveles del fuste de la resistencia por flexión de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi). Para determinar si existen diferencias significativas entre estos promedios, se realizó el análisis de varianza de un factor .

Tabla 10: ANVA$_1$ de resistencia por flexión de la madera de achuni caspi

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	F obs	F Tab ∞= 0.05	NIVEL SIGNIFIC.
Entre niveles	2	2165.7	1082.9	0.410	3.072	N. S.
Error	123	324902.1	2641.5			
Total	125	327067.852				

En la tabla 10, se aprecia que no existe diferencias significativas entre la resistencia por flexión de la madera proveniente de los tres niveles longitudinal del fuste, lo que ha conllevado a estimar un Fm promedio de la madera de achuni caspi de cualquier nivel del fuste, cuyo valor es de 391 kgf/cm², con un CV de 13.2% (tabla 7).

4.2.3 Módulo de elasticidad (MOE)

Tabla 11. Resultados promedios del MOE por niveles longitudinales del fuste

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	UNID.	NIVELES DEL FUSTE			PROMEDIO
		N. basal	N. medio	N. apical	
Promedio (X)	Kgf/cm²	156226	169212	160372	161937
Desv. Estándar (s)	Kgf/cm²	24330.7	27364.4	21037.3	24244
Coef, variación (CV)	%	15.6	16.2	13.1	15

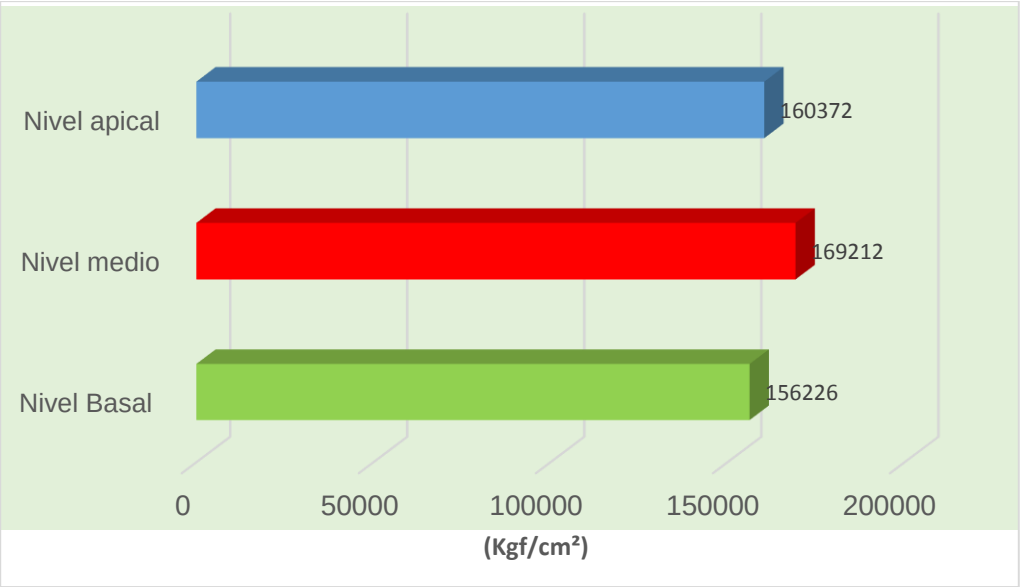


Figura 11. Módulo de elasticidad de la madera achuni caspi .

La tabla 11 y figura 8 muestran los valores promedios del módulo de elasticidad por niveles longitudinales del fuste de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi). Para determinar si existe diferencias significativas entre los valores promedios del módulo de elasticidad por niveles longitudinales del fuste, se realizó el análisis de varianza de un factor ($ANVA_1$), cuyo resumen lo detalla la tabla 10.

Tabla 12. $ANVA_1$ del módulo de elasticidad de la madera de achuni caspi

FUENTE DE VARIACION	GL	SC	CM	F_{obs}	F_{Tab} ∞= 0.05	NIVEL SIGNIFIC.
Entre niveles	2	3508224776.4	1754112388.2	2.995	3.072	N. S.
Error	123	72034879552.8	585649427.3			
Total	125	75543104329				

En la tabla 12, se aprecia que no existe diferencias significativas entre los MOE de cada nivel longitudinal del fuste, lo que ha conllevado a

estimar un MOE promedio de la madera de achuni caspi de cualquier nivel del fuste, cuyo valor es de 161937 kgf/cm², con un CV de 15% (tabla 11).

Si se compara el valor promedio del MOE (161937 Kg/cm²), obtenido en el presente estudio con la escala establecido por (Sibille, 2006) la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi) clasifica como madera de calidad rígida y según la escala de clasificación de (Dávalos y Bárcenas, 1999) como una madera de muy alta rigidez.

4.3 VALORES CARACTERISTICOS DE FLEXION ESTATICA DE LA MADERA

Tabla 13: Valores característicos del esfuerzo en flexión (Fm) y el MOE de la madera de achuni caspi

Propiedades	Unidad	Valor característico
Esfuerzo en flexión ($Fm_{0.05}$)	Kgf/cm²	211
Módulo de elasticidad ($MOE_{0.05}$)	Kgf/cm²	114232

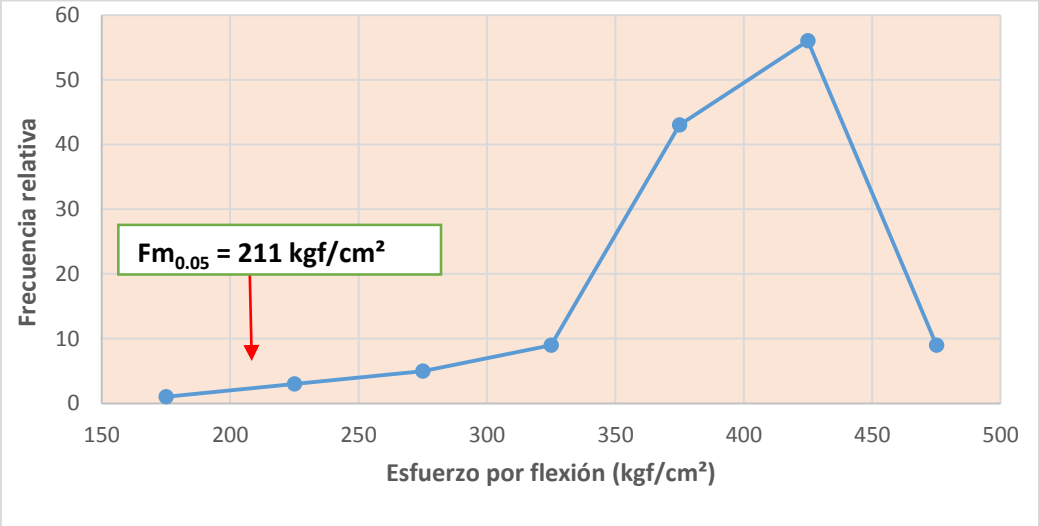


Figura 9. Distribucion de frecuencia del Fm de la madera achuni caspi .

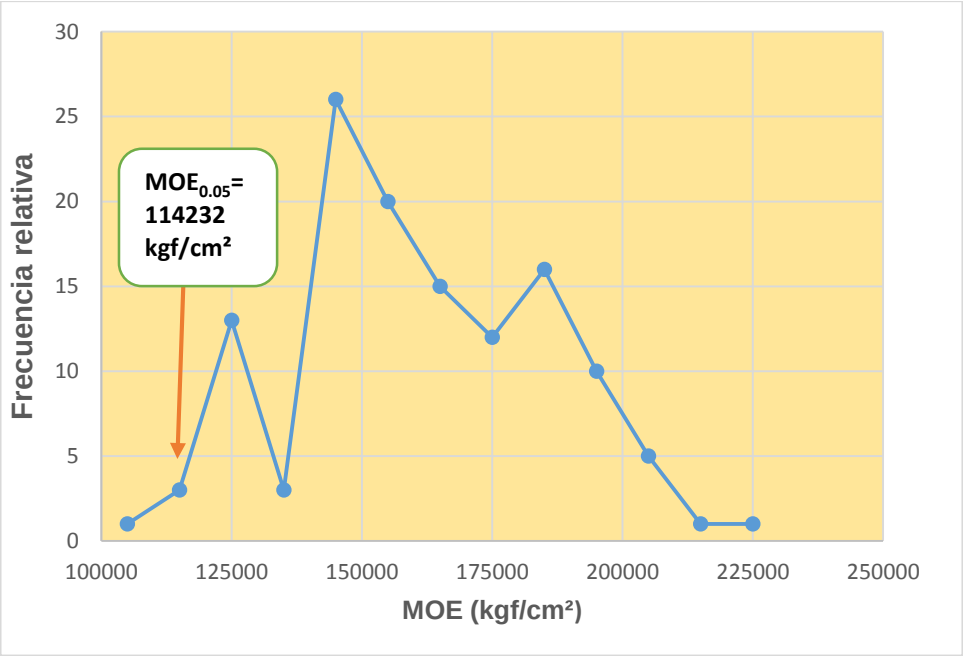


Figura 10. Distribución de frecuencia relativa del MOE

En la tabla 13 y figuras 9 y 10, muestran los valores característicos del esfuerzo en flexión ($Fm_{0.05}$ = 211 kgf/cm²) y módulo de elasticidad ($MOE_{0.05}$ = 114232 kgf/cm²) de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi). Estos valores son utilizados en el diseño estructural de la madera y representa el cinco percentil de los valores máximos de cada propiedad; hablar de los valores características es similar a los valores de diseño y/o a los valores admisibles de la madera.

Si se compara los valores característicos tanto del esfuerzo en flexión como el módulo de elasticidad del achuni caspi, con los valores del esfuerzo admisibles para maderas del Grupo Andino, establecido por la (JUNAC, 1984) para maderas del grupo A, es decir maderas de uso estructural, determino el esfuerzo admisibles en flexión de 210 kgf/cm² y un valor característicos del módulo de elasticidad de 95000 kgf/cm²; lo que conlleva a deducir que la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi), es una madera de uso estructural ya que supera a los valores mínimos de las maderas de la categoría A del Grupo Andino.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

1. El porcentaje de madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi) que contiene al menos un defecto fue el 22 % del total de piezas y el 78 % representa la madera libre de defectos. Los principales defectos y su distribución porcentual fueron: nudos sanos y nudos huecos con 5.5%, rajaduras y duramen quebradizo con 3.15% cada uno, perforaciones grandes y grietas superficiales en menor proporción. No existe una relación significativa entre los niveles longitudinales del fuste y el estado sanitario de la madera, presentándose indistintamente los defectos a lo largo del fuste.

2. No existe diferencias significativas entre los valores del MOR, del esfuerzo en flexión (Fm) y el MOE de cada nivel longitudinal del fuste del árbol de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi), lo que ha conllevado a estimar valores promedio para todo el fuste del MOR 932 kgf/cm², del Fm 391 kgf/cm² y del MOE 161937 kgf/cm².

3. Los valores característicos de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi) fueron: esfuerzo en flexión ($Fm_{0.05}$) 211 kgf/cm²) y de módulo de elasticidad ($MOE_{0.05}$) 114232 kgf/cm²).

5.2 RECOMENDACIONES

1. Por su bajo contenido de defecto y por sus buenas propiedades mecánicas, que lo ubica en la categoría A, de uso estructural, se recomienda orientar el uso de la madera de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi), para la industria de la construcción.

2. Continuar con el estudio de especies nuevas, para orientar su uso e incorporarlos al mercado .

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arostegui, A. A 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. Lima – Perú. PNUD / FA0 /PER/81/002. 57p.

Arroyo (1983). Comportamiento de las propiedades mecánicas y su relación a la humedad y temperatura. En línea con www.popiedadesdela madera.arg.es.

Boelcke, O. 1981. *Plantas Vasculares de la Argentina, nativas y exóticas.* FECIC. Buenos Aires.

Campos Christian. 2015. *Determinación de propiedades físicas y mecánicas de la madera de Pinus maximinoi H. E. Moore; Cobán, Alta Verapaz*. Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Forestal con énfasis en silvicultura y manejo de bosques en el Grado Académico de Licenciado. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas. Guatemala.

Castillo Andrés. 2016. *Ficha de identificación de Ziziphus cinnamomum Tr. & Pl. (achuni caspi).* Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía. Pucallpa.

Heywood. 1985*. Guía de Consultas Botánica II. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (UNNE) ASTERIDAE-Scrophulariales-Acanthaceae.* Visto el 03 de setiembre del 2019. Disponible:http://www.biologia.edu.ar/diversidadv/fascIII/18.%20Acanthaceae.pdf.

Chan Mario H., Araujo Omar y Azueta Manuel. 2002. *Los defectos naturales en la madera aserrada. Artículo de Divulgación / Ingeniería 6-1 (2002) 29-38 29. Visto el 12 de setiembre del 2019*. Disponible en: http://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen6/losdefectos.pdf**.**

Cruz Benedetti J. 2008. Estructuras básicas para arquitectos, Escuela de Arquitectura y Diseño, 1st ed. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana.

Del Castillo Eduardo. 2018. Tesis: *Rendimiento y eficiencia en el aserrado de la madera de Calycophyllum spruceanum Benth. Hook "capirona" en Industrias Madex E.I.R.L., Iquitos-Perú. UNAP*, Facultad de Ciencias Forestales.

Dávalos, R.; Bárcenas, G. 1999. *Clasificación de las propiedades mecánicas de las maderas mexicanas en condición "seca" (en línea). Madera y Bosques vol. 5, pp. 61-69.* Consultado en: http://www.inecol.edu.mx/myb/resumeness/5.1/pdf/Davalos%20y%20Barcenas%201999.PDF

Díaz, P. 2005. *Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de madera de Nothofagus glauca (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes.* Tesis. Ing. en Industrias de la Madera. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería en Industrias de la Madera. Universidad de Talca, Chile.

Fraipont L., 1992. *Curse de Sciences du bois*. Faculté de Sciences Agronomiques de Gembloux. Belgique. 241 p.

Escobar Oscar, Rodriguez Jorge R. y Correa Javier A., 2017. *Conceptos basicos sobre la resistencia de las maderas* * Sena Regional Antioquia - Choco, Centro Colombo Canadiense de la Madera*, Visto el 03 de octubre del 2019. Disponible en: http://elsemillero.net/pdf/madera_tres.pdf.

Guevara, L. *Separatas del curso de Propiedades mecánicas de la madera*. UNU/FCFyA/EAPIF/DAIF.

Gutierrez Matus K. 2018. *Esfuerzo por flexión. Visto el 03 de setiembre del 2019.*Disponible:https://www.academia.edu/23063596/ESFUERZO_POR_FLEXI%C3%93N.

Heywood. 1985. *Guía de Consultas Botánica II. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura (UNNE) ASTERIDAE-Scrophulariales-Acanthaceae.* Visto el 03 de setiembre del 2019. Disponible:http://www.biologia.edu.ar/diversidadv/fascIII/18.%20Acanthaceae.pdf

Hoyos, J. 1994. *Frutales en Venezuela*. Sociedad de Cs. Naturales La Salle. Caracas, Venezuela. 1-381 p.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACION. 2011. NTE INEN 2580.2011. *Sistema de clasificación y calificación de madera*

aserrada provenientes de bosques tropicales húmedos. Visto el 28 de agosto del 2019. Disponible en: https://archive.org/stream/ec.nte.2580.2011#page/n1/mode/2up.

INSTITUTO NACIONAL DE LA CALIDAD. 2004. NTP 251.017. *MADERA. Método para determinar la flexión estática.*

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA – JUNAC. 1984. *Manual de diseño para maderas del grupo andino Junta del Acuerdo Cartagena*. 525 ´p.

Kollman, 1959. *Tecnología de la Madera y sus aplicaciones Tomo I – Traducción de la 2da Edición. Ministerio de Agricultura* – Instituto Forestal de Investigaciones. Experiencias y Servicios de la Madera. Madrid.- 647 p.

León W. Espinoza N. 2001. *Anatomía de la madera*. Universidad de los Andes. Mérida. 397 pp.

Mabberley, D.J. 1997. *A classiication for edible Citrus*. Telopea 7: 167-172. Visto el 28 de setiembre del 2019. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/David_John_Mabberley.

Orozco Rolando, Hernández José Ciro, Nájera Juan Abel, Domínguez Pedro Antonio, Goche José Rodolfo, López Pablito Marcelo y Corral José Javier. 2016. *Rendimiento en calidad de la madera aserrada de pino· Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, vol.7 no.36 México jul./ago. 2016. Visto el el 30 de agosto del 2019, disponible.en:http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext &pid=S2007-11322016000400037#B25.

Ramos Wilmen. 2015. *Desarrollo Esfuerzo y deformación. Visto el 31 de agosto del 2019*, disponible en: https://es.slideshare.net/AngellRye/esfuerzo2020deformaciciondocx 20trabajo20para20imprimir.

Rivero Moreno J. 2004. *Propiedades Físico-Mecánicas de Gmelina arborea Roxb. y Tectona grandis Linn. F. Proveniente de Plantaciones Experimentales del Valle del Sacta – Cochabamba*. Cochabamba. Bolivia. http://www.monografias.com. 73 pp.

Spavento Eleana, Keil, Gabriel y. Monteoliva, Silvia. 2008. *Curso de xilotecnología Departamento de Ingeniería Agrícola y Forestal Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de la Plata.* Visto el 31 de agosto del 2019, disponibleen: http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/1725/mod_resource/content/0/APUNTES_PROPIEDADES_MECANICAS_2008.pdf.

Tangoa M. Hugo. 1998. *Identificación y evaluación de los defectos de la madera de Guazuma Crinita Mart.(bolaina blanca) y su variación con respecto a la altura del fuste comercial*. Tesis de grado. Acceso en línea: http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/1926.

Thomas, E. 2008. *Predicting internal Yellow-Poplar log defect features using surface indicators.* Wood and Fiber Science 40(1): 14 - 22. [Links].

Torres Jane y Salvador Manuel. 2015. *Influencia de los niveles longitudinales del fuste en las propiedades físicas de la madera de Lonchocarpus guilleminianus* (Tul.) Malme (maría buena) Y *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi) provenientes del Bosque CICFOR Macuya". Articular científico. FCFyA – UNU.

Sibille (2006). *Valores de resistencia de la madera en relación a su grado de calidad*. En línea con www.elrincondelamadera.com.es.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA – JUNAC. 1984. *Manual de diseño para maderas del grupo andino Junta del Acuerdo Cartagena*. 525 ´p.

Vargas, J. 1987. *Anatomía y tecnología de la madera. Manual del Técnico Forestal.* Cochabamba, BO, Escuela Técnica Superior Forestal - Cooperación Técnica Alemana. 119 p.

Vignote y Jimenes. 1996. Relación de la dirección de carga y humedad de la madera en las propiedades mecánicas Encyclopedia of Agricultural. Science. Orlando, FL.

WWF. 2006. Guía de Procesamiento Industrial Fabricación de Muebles con Maderas Poco Conocidas – LKS Editora Argentina S.R.L. Lima 2006 pg. 21-23.

Zhang, S. Y. and Y. Lei. 2006. *Modelling the relationship of tree- level product value with tree characteristics in Black Spruce*. Forest Chronicle 82(5): 690-699. [Links]

ANEXOS

ANEXO 1

BASE DE DATOS

Tabla 14. Base de datos obtenidos de carga - deformación de las probetas del árbol 1 de la especie *Ziziphus cinnamomum* (achuni caspi)

Nº	Codigo	carga max. Lb	F/c	carga max. Kg	L cm	b cm	h cm	Defor			defor cm	MOR Kg/cm³		ELP Kg/cm³		Defor. mm	MOE Kg/cm³
1	**1ACH-A-2B**	1840	0.4536	834.62	72	4.7	4.7	458	2.54	1163.32	1.163	868	1640	743.904	390	0.991	143603
2	**1ACH-B-4-a**	2040	0.4536	925.34	72	4.7	4.7	373	2.54	947.42	0.947	963	1800	816.48	325	0.826	189136
3	**1ACH-M-1A2**	2040	0.4536	925.34	72	4.7	4.7	387	2.54	982.98	0.983	963	1880	852.768	327	0.831	196334
4	**1ACH-B-2-a1**	2080	0.4536	943.49	72	4.7	4.7	373	2.54	947.42	0.947	981	1680	762.048	290	0.737	197832
5	**1ACH-M-3-b1**	1200	0.4536	544.32	72	4.7	4.7	382	2.54	970.28	0.970	566	880	399.168	277	0.704	108490
6	**1ACH-A-B2**	2240	0.4536	1016.06	72	4.7	4.7	553	2.54	1404.62	1.405	1057	1720	780.192	324	0.823	181288
7	**1ACH-M-1-b1**	2280	0.4536	1034.21	72	4.7	4.7	450	2.54	1143	1.143	1076	2000	907.2	385	0.978	177400
8	**1ACH-M-3A**	1480	0.4536	671.33	72	4.7	4.7	450	2.54	1143	1.143	698	1160	526.176	323	0.820	122642
9	**1ACH-A-b**	2120	0.4536	961.63	72	4.7	4.7	600	2.54	1524	1.524	1000	1920	870.912	451	1.146	145382
10	**1ACH-B-3-a**	1880	0.4536	852.77	72	4.7	4.7	440	2.54	1117.6	1.118	887	1600	725.76	386	0.980	141553
11	**1ACH-M-1-b1**	2120	0.4536	961.63	72	4.7	4.7	380	2.54	965.2	0.965	1000	1840	834.624	316	0.803	198846
12	**1ACH-B-a**	2000	0.4536	907.20	72	4.7	4.7	387	2.54	982.98	0.983	944	1560	707.616	357	0.907	149225
13	**1ACH-B-2b**	2200	0.4536	997.92	72	4.7	4.7	590	2.54	1498.6	1.499	1038	1680	762.048	443	1.125	129506
14	**1ACH-B-a**	1964	0.4536	890.87	72	4.7	4.7	370	2.54	939.8	0.940	927	1480	671.328	256	0.650	197427
15	**1ACH-A-3-a**	1936	0.4536	878.17	72	4.7	4.7	583	2.54	1480.82	1.481	914	1520	689.472	359	0.912	144589
16	**1ACH-M-1-a**	2080	0.4536	943.49	72	4.7	4.7	450	2.54	1143	1.143	981	1640	743.904	323	0.820	173391
17	**1ACH-A-b**	2120	0.4536	961.63	72	4.7	4.7	409	2.54	1038.86	1.039	1000	1840	834.624	346	0.879	181605
18	**1ACH-A-1-b**	1840	0.4536	834.62	72	4.7	4.7	360	2.54	914.4	0.914	868	1600	725.76	312	0.792	175126
19	**1ACH-M-1-a1**	1920	0.4536	870.91	72	4.7	4.7	363	2.54	922.02	0.922	906	1800	816.48	328	0.833	187406
20	**1ACH-M1-a**	2200	0.4536	997.92	72	4.7	4.7	379	2.54	962.66	0.963	1038	1720	780.192	299	0.759	196446
21	**1ACH-A-B1**	1880	0.4536	852.77	72	4.7	4.7	393	2.54	998.22	0.998	887	1560	707.616	303	0.770	175820

22	**1ACH-B-4-b**	2120	0.4536	961.63	72	4.7	4.7	420	2.54	1066.8	1.067	1000	1800	816.48	350	0.889	175626
23	**1ACH-B-2-a2**	1080	0.4536	489.89	72	4.7	4.7	310	2.54	787.4	0.787	510	920	417.312	263	0.668	119459
24	**1ACH-B-3-b**	2080	0.4536	943.49	72	4.7	4.7	575	2.54	1460.5	1.461	981	1970	893.592	470	1.194	143138
25	**1ACH-B-3-b2**	1880	0.4536	852.77	72	4.7	4.7	438	2.54	1112.52	1.113	887	1760	798.336	389	0.988	154507
26	**1ACH-B-a2**	1908	0.4536	865.47	72	4.7	4.7	365	2.54	927.1	0.927	900	1640	743.904	290	0.737	193122
27	**1AC1H-A-b1**	1400	0.4536	635.04	72	4.7	4.7	280	2.54	711.2	0.711	661	800	362.88	150	0.381	182131
28	**1ACH-M-1-a2**	1992	0.4536	903.57	72	4.7	4.7	387	2.54	982.98	0.983	940	1640	743.904	290	0.737	193122
29	**1ACHB**	1600	0.4536	725.76	72	4.7	4.7	405	2.54	1028.7	1.029	755	1520	689.472	383	0.973	135528
30	**1ACH-M-2-b1**	1600	0.4536	725.76	72	4.7	4.7	460	2.54	1168.4	1.168	755	1360	616.896	387	0.983	120009
31	**1ACH-M-2-b2**	2120	0.4536	961.63	72	4.7	4.7	425	2.54	1079.5	1.080	1000	1680	762.048	280	0.711	204897
32	**1ACH-B1-a1**	2080	0.4536	943.49	72	4.7	4.7	330	2.54	838.2	0.838	981	2000	907.2	326	0.828	209507

ANEXO 2

BASE DE DATOS

Tabla 15. Base de datos obtenidos de carga - deformación de las probetas del árbol 2 de la especie *Ziziphus cinnamomum* (achuni caspi)

N°	codigo	carga (lb)	defor pulg	F/c	carga max. Kg	L cm	b cm	h cm			defor mm	MOR Kg/cm²	Carga kg	G	ELP Kg/cm²	Defor. mm	MOE Kg/cm³
1	**2ACH-M-3-a1**	2000	500	0.4536	907.20	72	4.7	4.7	2.54	1270	1.270	944	1560	339	708	0.861	157149
2	**2ACH-B-1-a1**	2120	582	0.4536	961.63	72	4.7	4.7	2.54	1478.28	1.478	1000	1800	447	816	1.135	137515
3	**2ACH-A-2-B1**	2200	475	0.4536	997.92	72	4.7	4.7	2.54	1206.5	1.207	1038	2000	390	907	0.991	175126
4	**2ACH-B-1-a**	1920	488	0.4536	870.91	72	4.7	4.7	2.54	1239.52	1.240	906	1520	265	689	0.673	195877
5	**2 ACH-A-3**	1888	580	0.4536	856.40	72	4.7	4.7	2.54	1473.2	1.473	891	1720	458	780	1.163	128247
6	**2ACH-A-1-a2**	2048	693	0.4536	928.97	72	4.7	4.7	2.54	1760.22	1.760	966	1888	522	856	1.326	123514
7	**2ach-A-1-B2**	2080	535	0.4536	943.49	72	4.7	4.7	2.54	1358.9	1.359	981	1800	398	816	1.011	154445
8	**2ACH-M-4-A**	2020	500	0.4536	916.27	72	4.7	4.7	2.54	1270	1.270	953	1720	369	780	0.937	159180
9	**2ACH-B-3-a**	1560	425	0.4536	707.62	72	4.7	4.7	2.54	1079.5	1.080	736	1240	299	562	0.759	141624
10	**2ACH-B-b2-a**	2020	606	0.4536	916.27	72	4.7	4.7	2.54	1539.24	1.539	953	1600	370	726	0.940	147674
11	**2ACHMb**	2080	455	0.4536	943.49	72	4.7	4.7	2.54	1155.7	1.156	981	1640	305	744	0.775	183624
12	**2ACH-B-2-b2**	2120	555	0.4536	961.63	72	4.7	4.7	2.54	1409.7	1.410	1000	1920	453	871	1.151	144740
13	**2ACH-A-1-b1**	1964	415	0.4536	890.87	72	4.7	4.7	2.54	1054.1	1.054	927	1840	365	835	0.927	172151
14	**2ACH-A-b2**	2000	465	0.4536	907.20	72	4.7	4.7	2.54	1181.1	1.181	944	1640	337	744	0.856	166188
15	**2ACH-A-3-b2**	1952	400	0.4536	885.43	72	4.7	4.7	2.54	1016	1.016	921	1160	201	526	0.511	197082
16	**2ACH-B-b2**	2048	510	0.4536	928.97	72	4.7	4.7	2.54	1295.4	1.295	966	1840	420	835	1.067	149608
17	**2ACH-M-a**	2200	490	0.4536	997.92	72	4.7	4.7	2.54	1244.6	1.245	1038	2040	376	925	0.955	185280
18	**2ACH-B-1-a**	2080	405	0.4536	943.49	72	4.7	4.7	2.54	1028.7	1.029	981	1200	221	544	0.561	185428
19	**2ACH-A-a1**	1908	580	0.4536	865.47	72	4.7	4.7	2.54	1473.2	1.473	900	1840	523	835	1.328	120144
20	**2ACH-A-2-a1**	2200	560	0.4536	997.92	72	4.7	4.7	2.54	1422.4	1.422	1038	1680	371	762	0.942	154640
21	**2ACH-A1-a2**	2160	570	0.4536	979.78	72	4.7	4.7	2.54	1447.8	1.448	1019	1720	393	780	0.998	149459
22	**2ACH-M-1-b1**	2048	430	0.4536	928.97	72	4.7	4.7	2.54	1092.2	1.092	966	1840	363	835	0.922	173100

23	**2ACH-A-2-b1**	2320	495	0.4536	1052.35	72	4.7	4.7	2.54	1257.3	1.257	1095	1640	303	744	0.770	184836
24	**2ACH-M-2-a2**	2120	500	0.4536	961.63	72	4.7	4.7	2.54	1270	1.270	1000	1960	399	889	1.013	167752
25	**2ACH-A-2-b2**	2280	558	0.4536	1034.21	72	4.7	4.7	2.54	1417.32	1.417	1076	2000	412	907	1.046	165775
26	**2ACH-A-a2**	1480	350	0.4536	671.33	72	4.7	4.7	2.54	889	0.889	698	1040	236	472	0.599	150490
27	**2ACH-A-1-a2**	2160	410	0.4536	979.78	72	4.7	4.7	2.54	1041.4	1.041	1019	1440	255	653	0.648	192845
28	**2ACH-M-1-b2**	1840	466	0.4536	834.62	72	4.7	4.7	2.54	1183.64	1.184	868	1840	425	835	1.080	147848
29	**2ACH-M-2-b**	2120	480	0.4536	961.63	72	4.7	4.7	2.54	1219.2	1.219	1000	1920	413	871	1.049	158758
30	**2ACH-A-2-a2**	1984	520	0.4536	899.94	72	4.7	4.7	2.54	1320.8	1.321	936	1760	400	798	1.016	150258
31	**2ACH-B-b1**	1960	471	0.4536	889.06	72	4.7	4.7	2.54	1196.34	1.196	925	1720	405	780	1.029	145030
32	**2ACH-B-2-a**	2076	800	0.4536	941.67	72	4.7	4.7	2.54	2032	2.032	980	1800	443	816	1.125	138757
33	**2ACH-A-3-B1**	2160	443	0.4536	979.78	72	4.7	4.7	2.54	1125.22	1.125	1019	2000	383	907	0.973	178327
34	**2ACH-B-3-A**	2160	0	0.4536	979.78	72	4.7	4.7	2.54	0	0.000	1019	2000	425	907	1.080	160704
35	**2ACH-B-b2**	2080	511	0.4536	943.49	72	4.7	4.7	2.54	1297.94	1.298	981	1800	373	816	0.947	164797
36	**2ACHBb1**	2040	471	0.4536	925.34	72	4.7	4.7	2.54	1196.34	1.196	963	1760	405	798	1.029	148403
37	**2ACHM1a1**	1920	383	0.4536	870.91	72	4.7	4.7	2.54	972.82	0.973	906	1280	240	581	0.610	182131
38	**2ACHA1a1**	1840	380	0.4536	834.62	72	4.7	4.7	2.54	965.2	0.965	868	1680	340	762	0.864	168739
39	**2ACHB2b**	2200	510	0.4536	997.92	72	4.7	4.7	2.54	1295.4	1.295	1038	2000	425	907	1.080	160704
40	**2ACHA1a1**	1840	380	0.4536	834.62	72	4.7	4.7	2.54	965.2	0.965	868	1680	340	762	0.864	168739
41	2ACHMb	1800	331	0.4536	816.48	72	4.7	4.7	2.54	840.74	0.841	849	1560	282	708	0.716	188913
42	**2ACHBa1**	2160	468	0.4536	979.78	72	4.7	4.7	2.54	1188.72	1.189	1019	2000	410	907	1.041	166583
43	**2ACHB4a**	2000	457	0.4536	907.20	72	4.7	4.7	2.54	1160.78	1.161	944	1640	338	744	0.859	165696
44	**2ACHMa**	1920	436	0.4536	870.91	72	4.7	4.7	2.54	1107.44	1.107	906	1400	309	635	0.785	154723
45	**2ACHBb**	1600	456	0.4536	725.76	72	4.7	4.7	2.54	1158.24	1.158	755	1360	330	617	0.838	140738
46	**2ACHBb1**	2240	527	0.4536	1016.06	72	4.7	4.7	2.54	1338.58	1.339	1057	1880	411	853	1.044	156207
47	**2ACHA3a**	2200	570	0.4536	997.92	72	4.7	4.7	2.54	1447.8	1.448	1038	1760	380	798	0.965	158166

ANEXO 3

BASE DE DATOS

Tabla 16. Base de datos obtenidos de carga - deformación de las probetas del árbol 1 de la especie *Ziziphus cinnamomum* (achuni caspi)

Nº	Codigo	carga max. Lb	Defor	F/c	carga max. Kg	L cm	b cm	h cm			Defor. mm	MOR Kg/cm²	CARG kg	G	ELP Kg/cm²	Defor. mm	MOE Kg/cm²
1	**3ACH-A-1-B1**	1680	480	0.4536	762.05	72	4.7	4.7	2.54	1219.2	1.219	793	1440	387	653	0.983	127068
2	**3ACH-A-5-a1**	2040	519	0.4536	925.34	72	4.7	4.7	2.54	1318.26	1.318	963	1800	415	816	1.054	148119
3	**3ACH-M-4-a1**	1880	320	0.4536	852.77	72	4.7	4.7	2.54	812.8	0.813	887	1640	273	744	0.693	205148
4	**3ACH-M-4-B2**	2240	360	0.4536	1016.06	72	4.7	4.7	2.54	914.4	0.914	1057	1720	263	780	0.668	223336
5	**3ACH-A-5-a2**	1908	570	0.4536	865.47	72	4.7	4.7	2.54	1447.8	1.448	900	1560	336	708	0.853	158552
6	**3ACH-A-4-B2**	1884	390	0.4536	854.58	72	4.7	4.7	2.54	990.6	0.991	889	1800	326	816	0.828	188556
7	**3ACH-M-4-b2**	2000	590	0.4536	907.20	72	4.7	4.7	2.54	1498.6	1.499	944	1640	389	744	0.988	143973
8	**3ACH-M-3-B1**	2320	591	0.4536	1052.35	72	4.7	4.7	2.54	1501.14	1.501	1095	1880	438	853	1.113	146578
9	**3ACH-M-2B**	1944	573	0.4536	881.80	72	4.7	4.7	2.54	1455.42	1.455	917	1908	523	865	1.328	124584
10	**3ACH-B-1-B1**	2240	790	0.4536	1016.06	72	4.7	4.7	2.54	2006.6	2.007	1057	1920	505	871	1.283	129836
11	**3ACH-M-6-B**	2280	650	0.4536	1034.21	72	4.7	4.7	2.54	1651	1.651	1076	1800	395	816	1.003	155618
12	**3ACH-B-3B2**	2040	590	0.4536	925.34	72	4.7	4.7	2.54	1498.6	1.499	963	1760	386	798	0.980	155708
13	**3ACH-A-4-a2**	1908	475	0.4536	865.47	72	4.7	4.7	2.54	1206.5	1.207	900	1560	366	708	0.930	145556
14	**3ACH-B-1-a1**	2080	642	0.4536	943.49	72	4.7	4.7	2.54	1630.68	1.631	981	1560	360	708	0.914	147982

15	**3ACH-A-1-b1**	1936	401	0.4536	878.17	72	4.7	4.7	2.54	1018.54	1.019	914	1760	329	798	0.836	182685
16	**3ACH-B-1-b2**	2080	540	0.4536	943.49	72	4.7	4.7	2.54	1371.6	1.372	981	1400	300	635	0.762	159365
17	**3ACH-B-3-a1**	2200	775	0.4536	997.92	72	4.7	4.7	2.54	1968.5	1.969	1038	1760	465	798	1.181	129254
18	**3ACH-B-2-A1**	1936	563	0.4536	878.17	72	4.7	4.7	2.54	1430.02	1.430	914	1720	387	780	0.983	151776
19	**3ACH-A-2-B1**	2280	541	0.4536	1034.21	72	4.7	4.7	2.54	1374.14	1.374	1076	1800	367	816	0.932	167491
20	**3ACH-A-5-b2**	2104	491	0.4536	954.37	72	4.7	4.7	2.54	1247.14	1.247	993	1760	330	798	0.838	182131
21	**3ACH-A-1b1**	2132	442	0.4536	967.08	72	4.7	4.7	2.54	1122.68	1.123	1006	1880	363	853	0.922	176863
22	**3ACH-B-2-a2**	1400	427	0.4536	635.04	72	4.7	4.7	2.54	1084.58	1.085	661	1280	375	581	0.953	116564
23	**3ACH-M-5-a**	1880	430	0.4536	852.77	72	4.7	4.7	2.54	1092.2	1.092	887	1360	280	617	0.711	165869
24	**3ACH-B-b1**	2000	625	0.4536	907.20	72	4.7	4.7	2.54	1587.5	1.588	944	1760	490	798	1.245	122660
25	**3ACH-B-2-b1**	2040	540	0.4536	925.34	72	4.7	4.7	2.54	1371.6	1.372	963	1760	393	798	0.998	152935
26	**3ACH-A-5-a2**	1560	565	0.4536	707.62	72	4.7	4.7	2.54	1435.1	1.435	736	1200	360	544	0.914	113832
27	**3ACH-M-3-b1**	1932	545	0.4536	876.36	72	4.7	4.7	2.54	1384.3	1.384	912	1860	435	844	1.105	146019
28	**3ACH-M-4-b1**	2280	575	0.4536	1034.21	72	4.7	4.7	2.54	1460.5	1.461	1076	1720	356	780	0.904	164992
29	**3ACH-M-1-b**	1000	260	0.4536	453.60	72	4.7	4.7	2.54	660.4	0.660	472	960	219	435	0.556	149697
30	**3ACH-M-1a**	1400	295	0.4536	635.04	72	4.7	4.7	2.54	749.3	0.749	661	1160	215	526	0.546	184249
31	**3ACHM4a1**	1640	320	0.4536	743.90	72	4.7	4.7	2.54	812.8	0.813	774	1120	176	508	0.447	217316
32	**3ACHB1b**	1240	355	0.4536	562.46	72	4.7	4.7	2.54	901.7	0.902	585	1120	313	508	0.795	122197
33	**3ACHB2a2**	2160	425	0.4536	979.78	72	4.7	4.7	2.54	1079.5	1.080	1019	1560	264	708	0.671	201793
34	**3ACHA2a2**	2280	568	0.4536	1034.21	72	4.7	4.7	2.54	1442.72	1.443	1076	1800	380	816	0.965	161761
35	**3ACHB2b2**	1560	273	0.4536	707.62	72	4.7	4.7	2.54	693.42	0.693	736	1400	238	635	0.605	200880
36	**3ACHA2a1**	1720	481	0.4536	780.19	72	4.7	4.7	2.54	1221.74	1.222	812	1240	298	562	0.757	142099

37	**3ACHB2a1**	1800	446	0.4536	816.48	72	4.7	4.7	2.54	1132.84	1.133	849	1160	262	526	0.665	151197
38	**3ACHA5b1**	2240	505	0.4536	1016.06	72	4.7	4.7	2.54	1282.7	1.283	1057	1920	410	871	1.041	159920
39	**3ACHA4b1**	2120	413	0.4536	961.63	72	4.7	4.7	2.54	1049.02	1.049	1000	1920	366	871	0.930	179145
40	**3ACHA1a2**	1880	380	0.4536	852.77	72	4.7	4.7	2.54	965.2	0.965	887	1760	350	798	0.889	171724
41	**3ACHA3b1**	2200	480	0.4536	997.92	72	4.7	4.7	2.54	1219.2	1.219	1038	2040	423	925	1.074	164693
42	**3ACHM4a2**	2160	493	0.4536	979.78	72	4.7	4.7	2.54	1252.22	1.252	1019	2040	445	925	1.130	156551
43	**3ACHM4b1**	2320	575	0.4536	1052.35	72	4.7	4.7	2.54	1460.5	1.461	1095	2160	493	980	1.252	149621
44	**3ACHA1a1**	1960	485	0.4536	889.06	72	4.7	4.7	2.54	1231.9	1.232	925	1880	450	853	1.143	142669
45	**3ACHB2b2**	2200	575	0.4536	997.92	72	4.7	4.7	2.54	1460.5	1.461	1038	2080	504	943	1.280	140935
46	**3ACHB3a1**	2200	480	0.4536	997.92	72	4.7	4.7	2.54	1219.2	1.219	1038	2080	440	943	1.118	161434
47	**3ACHM6a1**	1840	345	0.4536	834.62	72	4.7	4.7	2.54	876.3	0.876	868	1640	295	744	0.749	189849

ANEXO 4

BASE DE DATOS

Tabla 16. Base de datos obtenidos de probetas de madera con defecto y sin defecto de la especie *Ziziphus cinnamomum* (achuni caspi)

CODIGO	SE RECHAZA
3ACH-A-4-b1	DURAMEN QUEBRADIZO
ACH-B-b	DURAMEN QUEBRADIZO
3ACH-A-5-a2	DURAMEN QUEBRADIZO
1ACH-A-b	DURAMEN QUEBRADIZO
3ACH-B-2-a2	DURAMEN QUEBRADIZO
3ACH-A-4-a1	NUDO HUECO
1ACH-B-2-a2	NUDO HUECO
3ACH-B-1-b	NUDO HUECO
3ACH-A-1-a2	NUDO HUECO
1ACH-A-1-b2	NUDO HUECO
3ACH-M-1-b	NUDO HUECO
2ACH-A-1-a2	NUDO HUECO
3ACH-A-5-b2	NUDO HUECO
2ACH-A-3-b2	PERFORACION GRANDE INSECTO
2ACH-A-3-a1	PERFORACION GRANDE INSECTO
3ACH-B-2-a2	PERFORACION GRANDE INSECTO
1ACH-B-2-a	RAJADURA
1ACH-B-b2	RAJADURA
1ACH-A-b1	RAJADURA
2ACH-A-2-a3	CON GRIETAS SUPERFICIALES ACEPTABLES
2ACH-B-3-a	
1ACH-B-1-a2	NUDO SANO
1ACH-M-1-a2	NUDO SANO
3ACH-B-2-b1	NUDO SANO
3aACH-B-3-b2	NUDO SANO
1ACH-M-1-a1	NUDO SANO
1ACH-B-1-a1	NUDO SANO
3ACH-B-2-b2	NUDO SANO
1ACH-M-2-b1	RAJADURA SUPERFICIAL
ACH1-M-2-a2	RAJADURA SUPERFICIAL

CODIGO	SIN DEFECTOS
2ACH-A-1-a1	S/D
3ACH-M-6-a1	S/D
3ACH-M-2-b	S/D
1ACH-A-2-b	S/D
1ACH-B-3-b1	S/D
3ACH-B-3-b1	S/D
3ACH-B-2-a1	S/D
1ACH-B-a1	S/D
2ACH-A-b2	S/D
2ACH-B-b1	S/D
1ACH-A-a2	S/D
1ACH-B-3-a	S/D
1ACH-B-4-b	S/D
3ACH-A-2-a2	S/D
2ACH-A-2-b1	S/D
1ACH-B	S/D
3ACH-M-3-b	S/D
2ACH-B-1-a1	S/D
3ACH-M-4-b1	S/D
2ACH-M-2-b	S/D
1ACH-B-1-a1	S/D
1ACH-B-3-b-2	S/D
2ACH-M-2-a	S/D
2ACH-M-4-a	S/D
2ACH-B-2-a	S/D
1ACH-M-3-b	S/D
3ACH-A-1-b1	S/D
3ACH-M-3-b1	S/D
1ACH-M-2-b2	S/D
3ACH-A-2-a1	S/D
2ACH-M-4-b	S/D
3ACH-M-4-b2	S/D
2ACH-A-2-a2	S/D

3ACH-B-2-b1	S/D
3ACH-A-4-b2	S/D
ACH-B-1-a2	S/D
2ACH-A-2-b2	S/D
2ACH-A-3-a2	S/D
1ACH-A-b2	S/D
2ACH-B-4-a	S/D
2ACH-M-b	S/D
3ACH-B-1-b1	S/D
3ACH-B-3-a1	S/D
2ACH-A-1-a2	S/D
1ACH-B-3-a	S/D
3ACH-B-1-a1	S/D
3ACH-A-5-a2	S/D
3ACH-M-4-a2	S/D
3ACH-A-3-b	S/D
2ACH-M-a	S/D
2ACH-M-1-b	S/D
1ACH-M-1-b1	S/D
1ACH-M-1-b2	S/D
3ACH-B-1-b2	S/D
2ACH-B-a1	S/D
1ACH-M-1-a	S/D
3ACH-A-2-b	S/D
2ACH-B-2-b	S/D
2ACH-A-1-b2	S/D
1ACH-B-2-b	S/D
2ACH-B-2-b4	S/D
2ACH-A-2a1	S/D
3ACH-A-2-b2	S/D
2ACH-M-a1	S/D
2ACH-B-b2	S/D
1ACH-B-4-a	S/D
3ACH-A-4-a2	S/D
1ACH-B-a2	S/D
2ACH-B-b1	S/D
2ACH-M-b	S/D
2ACH-B-b2	S/D
1ACH-A-3-a1	S/D
ACH-M-5-b	S/D
3ACH-M-4-a1	S/D
ACH-A-1-b1	S/D
3ACH-M-6-b	S/D
2ACH-A-2-b1	S/D
3ACH-B-2-a2	S/D

2ACH-B-1-a2	S/D
1ACH-M-1-b2	S/D
3ACH-A-a1	S/D
2ACH-A-1-b1	S/D
3ACH-A-5-a1	S/D
1ACH-B-a2	S/D
2ACH-A-1-a1	S/D
2ACH-B-1-a	S/D
2ACH-A-3-b1	S/D
1ACH-M-1-a	S/D
3ACH-M-4-a2	S/D
1ACH-B-3-a	S/D
3ACH-B-1-b	S/D
1ACH-M-3-b1	S/D
3ACH-M-4-b1	S/D
3ACH-M-4-b2	S/D
1ACH-B-3-b	S/D
2ACH-M-b	S/D
3ACH-B-2-a1	S/D
1ACH-M-2-b1	S/D
1ACH-M-3-a	S/D
1ACH-B-b2	S/D
3ACH-M-2-a2	S/D
2ACH-A-2-a2	S/D
2ACH-A-2-b2	S/D
2ACH-B-1-a2	S/D
1ACH-B-4-b	S/D
2ACH-A-2-b1	S/D
ACH-M-2-a1	S/D
3ACH-B-2-b2	S/D
2ACH-A-2-a	S/D
1ACH-B-3-b	S/D
2ACH-M-a	S/D

ANEXO 5

PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 11. Especie forestal *de Ziziphus cinnamomum Tr. & Pl.* (achuni caspi)



Figura 12. Especie forestal de *Ziziphus cinnamomum* Tr. & Pl. (achuni caspi)

ANEXO 06

CONSTANCIA

"Año de la Consolidación del mar de Grau"

Constancia

El Ing. M Sc. Gumercindo Andrés Castillo Quiliano, docente de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia – UNIA, de la asignatura de Dendrologia, ha revisado la muestra botánica estéril de la especie nominada "Achuni caspi" procedencia Bosque del Centro de Investigación y Capacitación –Macuya, de la Universidad Nacional de Ucayali. Después de revisarlo y por medio de comparaciones con muestras del Field Museo muestra N° 5747 Robin Foster hace constar que la muestra corresponde a la, especie *Ziziphus cinamomum* Tr. & Pl. de la Familia Rhamnaceae.

Se alcanza la presente para los fines correspondientes.

Pucallpa, 31 de marzo del 2016

COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERÚ
Consejo Departamental de Ucayali

Ing. CIP. Gumercindo A. Castillo Quiliano
INGENIERO FORESTAL
Reg. CIP. Nº 86791