

INTRODUCCIÓN

En Bolivia, la creciente demanda de productos maderables y la disminución paulatina de muchas especies de importancia económica obliga a buscar cada vez nuevas especies de importancia económica que puedan ingresar al mercado maderero y para ello es necesario realizar estudios para evaluar de manera individual cada una de las propiedades físicas de la madera, proporcionando así una idea muy aproximada de la cual puede ser su comportamiento bajo las diferentes condiciones de uso y servicio. Por lo tanto, conocer los valores de las propiedades físicas y su variación proporcionara datos de gran valor que permitirá encontrar los posibles usos más adecuados de las especies forestales. (Aguirre, 1991).

La norma 462 COPANT MADERAS establece el procedimiento para determinar las contracciones radial, tangencial y volumétrica. Se procedio a hacer las mediciones en los distintos sentidos como radial, tangencial y longitudinal.

Actualmente hay mercados tradicionalmente que proporcionan el uso de maderas poco conocidas pretendiendo buscar sustitutos de las especies valiosas en vías de agotamiento.

El departamento de Tarija cuenta actualmente con bosques naturales y bosques implantados en los cuales contienen una amplia gama de especies forestales, dentro de las exóticas tenemos el presente estudio del Cipres (*Cupresus sp*), existente en el departamento que no ha sido estudiado. El presente trabajo plantea conocer las propiedades físicas de la madera del Cipres (*Cupresus sp*) con la finalidad de poder conocer los posibles usos de la especie.

Cada árbol es distinto a los otros individuos, e incluso dentro del mismo árbol las características y las propiedades físicas de la madera varían; lo cual está caracterizado por las condiciones de sitio como lo afirma Vignote.

(Vignote, 2000).

JUSTIFICACIÓN

La escases de información técnica de las maderas procedentes de los distintos bosques implantados se traduce en una mala utilización de los productos maderables y un aprovechamiento de pocas especies. Los productos obtenidos con altos costos y baja calidad, se traduce en una baja participación en los mercados.

El presente trabajo plantea conocer las propiedades físicas de la madera del Ciprés (*Cupressus sp*) con la finalidad de aportar datos técnicos de la presente especie no tradicional y así poder conocer sus posibles usos en los que pueda ser empleada esta especie y de esta manera contribuir en la generación de mayor conocimientos tecnológicos de las diferentes especies bolivianas.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar las propiedades físicas de la madera del Ciprés (*Cupressus sp*) proveniente de la comunidad de San Blas, bajo las Normas COPANT MADERAS, con el fin de conocer sus cualidades y poder inferir los usos posibles.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el peso específico aparente en contenidos de humedad verde, seco al aire (ajustado al 12%) y anhidro, empleando técnicas propuestas por las normas COPANT MADERAS 461.
- Determinar las contracciones normales y totales (tangencial, radial, y volumétrica) de la madera.
- Determinar el coeficiente de estabilidad y la porosidad para relacionar con la variabilidad de sus propiedades físicas.
- Inferir los posibles usos en base a la clasificación de propiedades físicas de la madera de la especie Ciprés.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. ASPECTOS GENERALES DE CIPRÉS

TAXONOMÍA:

División:	Pinophyta
Clase:	Pinopsida
Sub clase:	Pinidae
Orden:	Pinales
Familia:	Cupressaceae
Género:	Cupresus
Especie:	Cupresus sp.

Nombre(s) común(es): Ciprés, cipres moneterey

Fuente: Herbario U.A.J.M.S. (2018).

Descripción dendrológica

El *Cupressus sp.*, es una especie arbórea tiene una altura de 10 a 15 m.entre 50 y 80cm de diámetro; algunos ejemplares pueden alcanzar 1.2m y 1.5m de diámetro tienen copa frondosas, formadas por ramas bastantes largas; la poda natural es pobre. (A. Betacourt. 2000)

a) Corteza

La corteza es lisa, de color pardo rojizo oscuro en los arboles jóvenes; pardo claro, escamosos y fisurada, longitudinalmente en los arboles viejos. (A. Betacourt. 2000)

b) Hojas

Son en forma de escama de 1-2 mm de longitud de color verde, a veces amarillento, y con ápices obtusos que se disponen muy pegadas alrededor de las semillas terminales y de forma solapada a modo de escamas de pez. Suelen tener los conos masculinos y los femeninos separados en el mismo pie de planta son opuesta, decusadas, pegadas al ramillo y de color verde brillante. (A. Betacourt. 2000)



Figura 1: Hojas del Ciprés

c) Flores

Tienen carácter unisexual, las masculinas terminales, de color amarillo las femeninas agrupadas en un cono florífero. Los conos femeninos dan lugar a un fruto leñoso, similares a una piña botánicamente se llaman estróbilos que tienen en forma globosa y son de color pardo rojizo al madurar. El tipo de fruto y el intenso olor a limón o mandarina que desprenden de hojas y ramillas al frotarles, lo diferencian del ciprés común.

d) Semilla

Las semillas se caracterizan por ser aladas, presentando 150.000 semillas/kg.



Figura 2: Flor y Semilla

1.1 La madera

La madera es un material duro y resistente que se produce mediante la transformación del árbol. Es un recurso forestal disponible que se ha utilizado durante mucho tiempo como material de construcción. La madera es uno de los elementos constructivos más antiguos que el hombre ha utilizado para la construcción de sus viviendas y otras edificaciones, pero para lograr un resultado excelente en su trabajabilidad hay que tener presente ciertos aspectos relacionados con la forma de corte, curado y secado. (Sosa, 2005).

El proceso de crecimiento del tallo se lleva a cabo en la zona llamada cambium, que está ubicada en la periferia de la formación leñosa antes de llegar a la corteza propiamente dicha en la zona liberiana. Donde se encuentran células vivas o meristemáticas, obtenemos de las cuales una conserva de las propiedades embrionarias de dividirse y la otra se incorpora a la formación leñosa para integrar una de sus partes de transformación luego por adaptación en un vaso, una traquea o traqueida, parénquima o radio medular o corteza o tejido liberiano. (Galante 2000)

1.1.1 Partes del Árbol

- **Copa:** es el conjunto de ramas y hojas que forman la parte superior del árbol.
- **Tronco o Fuste:** se encuentra entre las raíces y la copa. Está constituido por millones de células leñosas como las fibras, radios y vasos.
- **Raíz:** es la parte inferior del árbol que penetra en el suelo, cuya función es absorber agua y nutrientes minerales y fijar la planta al suelo. (Vignote, 1995).

1.1.2 Partes de un Tronco

- **La Corteza:** Es la parte más externa, formada por materia muerta de aspecto resquebrajado debido a que el árbol sigue creciendo en espesor mientras que la corteza no. Esta capa sirve de protección contra los agentes atmosféricos.
- **Líber o floema:** Es una capa más o menos delgada de apariencia similar a la corteza, más blanda cuyas funciones en el árbol es la conducción de la savia elaborada.

- **Cambium:** Es una capa prácticamente inapreciable a simple vista, formada por células con funciones reproductoras, formando xilema hacia adentro y floema hacia afuera.
- **Xilema o madera:** Es la capa más interna, normalmente gruesa en relación con las demás capas, cuyas funciones son las de sostén del propio árbol y la de conducción de la savia sin elaborar. (Vignote, 1995).

1.1.3 Microscopía de la madera

La madera crece en la naturaleza en condiciones climáticas, geográficas y de suelos muy diversos. Esta diversidad de factores afecta el crecimiento y las características de la madera en relación con su estructura celular.

La madera está constituida por células alargadas dispuestas en su mayoría en dirección del eje del árbol, y sin contenido protoplasmático. Solo un pequeño porcentaje de células tienen forma más o menos rectangulares y están orientadas transversalmente al eje del árbol en una dirección radial y tienen contenido protoplasmático.

A nivel de estructura celular, se pueden clasificar las especies arbóreas en dos grandes grupos de árboles:

- Coníferas
- Latifoliadas

a) Coníferas

Las especies que forman el grupo de las coníferas tienen un plan leñoso ordenado y simple, constituido aproximadamente en un 90% por traqueidas con funciones conductoras y de sostén. Las características de estas células son las siguientes:

Las células de traqueida no tienen contenido protoplasmático, tiene forma de tubos acabadas en punta denominada pico de flauta, que mide de 1 a 4 mm de longitud y de sección entre 40 μm . las de primavera y de 10 μm . las de verano.

La comunicación entre células se hace a través de punteaduras aeroleadas de gran tamaño oscilando entre 6 y 30 μm . (Álvarez, 1992), que van a ser determinantes tanto en la facilidad de impregnación de la madera como en su secado.

1.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA

Las propiedades físicas de la madera, son aquéllas que para manifestarse no requieren de la aplicación de una fuerza externa sobre la muestra, se determinan sin alterar ni cambiar la integridad de la misma, consiste en la observación, pesada, medida y el secado de cada probeta.

Para la preparación de las probetas se debe tomar en cuenta la correcta orientación de los anillos de crecimientos y que estén libres de defectos con una orientación bien definida en las diferentes caras (radial y tangencial). Ver fig. 5

Según Hoheisel 1968, las propiedades dependen tanto del crecimiento, edad, contenido de humedad, posición del tronco y de la ubicación del terreno, de la cantidad de sustancias, y la proporción de los componentes primarios que se encuentran presentes en la pared celular y de la orientación y arreglo de los materiales de los diferentes tejidos.

Las propiedades físicas pueden ser determinadas tomando en cuenta los siguientes parámetros: Contenido de Humedad, Humedad Máxima, Contracciones (tangencial, radial, volumétrica), Densidad o Peso Específico (verde, seco al aire y anhidro), Porosidad y Tasa de Estabilidad. (Vargas, 1987).

1.2.1 Contenido de humedad

El contenido de humedad de la madera es uno de los parámetros más importantes a considerar para los distintos propósitos en que será utilizada la madera. El contenido de humedad (CH) es la cantidad de agua que existe en una pieza de madera, expresada como un porcentaje del peso que tendría ésta en condición totalmente anhidra, por estar el contenido de humedad referido a un porcentaje del peso anhidro de la madera, su valor puede ser superior al 100 %. (Galante Juan José 1953).

1.2.2 Movimiento del agua en la madera

En las coníferas el movimiento de agua es a través de las traqueidas, durante el secado el movimiento del agua es mayor en sentido longitudinal, luego radial y es mínimo en sentido tangencial. (Fromet g. 1954)

El agua se mueve de las zonas de mayor contenido de humedad a zonas de menor contenido de humedad, es decir que la superficie debe poseer menor contenido de humedad con relación al interior. (Kollmann franz 1951)

El principio de la pared fría nos indica que el agua se mueve de las zonas más calientes a zonas frías, es necesario que el centro esté más caliente que la superficie, para facilitar la salida del agua del interior hacia fuera de la madera. (Cruz, 2006)

1.2.3 Formas en que se encuentra el agua en la madera

- **Agua de sorción:** es la que está retenida por fuerzas de tipo Van der Waals, consecuencia de los grupos activos de la pared celular. Esta agua es el que más fuertemente queda retenido por la pared celular. La madera puede llegar a contener un 8% de peso de agua respecto del peso de la madera seca.
- **Agua de adsorción:** es el agua que queda retenida en la pared celular como consecuencia de la fuerza de adhesión superficial. La madera puede llegar a contener un 6 a un 8% de peso de agua respecto del peso de la madera seca.
- **Agua de condensación o capilar:** es la que está retenida por las fuerzas capilares, provocadas por los espacios entre microfibrillas. La madera puede llegar a contener un 14 a un 16 % de peso de agua respecto del peso de la madera seca.
- **Agua libre:** es la contenida en el lumen de las células prosenquimatosas. Su fuerza de retención es muy pequeña, de forma que no puede captar agua de la atmosfera solo si se produce inmersión de la madera en agua. (Vignote, 1995)

1.2.4 Clasificación de la madera según su humedad

Al aprear un árbol su madera del mismo posee gran cantidad de agua, el contenido es variable según la especie, procedencia y época de corta.

Dependiendo de la cantidad de agua presente en una madera se presentan tres estados los cuales son:

Estado de la madera Verde, es aquella cuyo contenido de humedad es superior a 20%, este tipo de madera se utiliza en construcción, pilotes sumergidos en agua. El mayor riesgo que presentan estas maderas, son las pudriciones, la madera verde se seca en el sitio de utilización de la misma; se usa para la construcción de puentes, caballetes y galpones de baja calidad. (Cruz, 2006).

Estado de la madera Seca al Aire, es la que se somete a un proceso de secado, ya sea natural o artificial lo que hace que pierda el agua libre y parte del agua de imbibición. Posee un contenido de humedad entre 12 y 18 % Es la forma más sencilla y económica para secar madera aserrada. Se utiliza principalmente para durmientes, postes y son maderas destinadas a tratamiento con protectores. (Marco Hoheisel 1968).

Estado de la madera Anhidra, aquella madera que tiene un contenido de humedad menor del 12 hasta 0 %. Todo este proceso que ocurre en una pieza de madera se debe a que esta es un material netamente higroscópico, es decir tiene la propiedad de ganar y perder humedad en intercambio con la humedad del ambiente, hasta establecerse en un equilibrio. Dicha propiedad se debe a dos características, una de ellas es la estructura porosa capilar que permite a la madera el paso de los vapores y líquidos a su interior, y la otra característica es su composición química, que hace que los grupos oxidrilos reaccionen con las moléculas de agua (Cruz, 2006).

1.2.5 Determinación del contenido de humedad

Existen diversos métodos para ejecutar el cálculo del contenido de humedad los mismos que serán descritos a continuación:

a) Secado al Horno o por Pesadas

Es uno de los métodos más utilizados, debido a sus ventajas que presenta, ya que para su ejecución se utiliza muestras de pequeñas dimensiones, es preciso y sencillo, sin embargo una de las desventajas es el tiempo que se necesita para obtener resultados,

consiste en cortar una pieza de madera con dimensiones establecidas según normas COPANT, las muestras son pesadas en la balanza obteniendo así su peso húmedo, posteriormente se la introduce a una estufa con temperatura de 40 °C, 60 °C y 101 °C, + - 2 °C en intervalos de 24 horas peso que es registrado como anhidro.

Para realizar su cálculo utilizamos la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{Ph - Po}{Po} * 100\%$$

Donde: **CH** = Contenido de humedad en % **Ph** = Peso húmedo en g

Po = Peso Seco al Horno en gr.

b) Xilohigrómetro Eléctrico

Son medidores eléctricos de humedad, fáciles de manejar y se obtienen lecturas rápidas permiten realizar el cálculo del contenido de humedad sin cortar la pieza, existen dos tipos de xilógrafos que son de resistencia y de capacidad.

c) Xilohigrómetro de Resistencia

Poseen dos electrodos de tipo aguja, cuando éstos se introducen a la madera a una profundidad de 1/5 de espesor, el resultado brindado es el promedio del contenido de humedad de la muestra en estudio, lo mismo que se debe al normal gradiente que tiene. Una de las ventajas que presenta las lecturas realizadas son confiables únicamente entre el 0 % al 30 % (Agua Higroscópica), debido a que la resistencia eléctrica es proporcional sólo en el rango mencionado.

d) Método por Destilación

Al ejecutar el método por pesadas en especies que poseen maderas que contienen sustancias volátiles, aceites y resinas los errores pueden alcanzar del 5 % al 10 % del peso seco, utilizando el método por destilación se puede eliminar los errores.

(Tito José 1988).

1.2.6 Máximo Contenido de Humedad

Se presenta cuando las paredes celulares se encuentran completamente saturadas y los lúmenes están llenos de agua, se da al colocar la madera en un ambiente demasiado húmedo, como ser sumergir la madera en un recipiente o estanque con agua por largo tiempo. (Vignote Pena Santiago 2000).

1.3 DENSIDAD

Es la masa por unidad de volumen a un determinado contenido de humedad, expresada en gramos por centímetro cúbico (gr/cm^3), la madera por ser un material poroso está constituido por sustancias las mismas que son indicadores de las propiedades mecánicas, características de trabajabilidad comportamiento en el secado, propiedades eléctricas, térmicas y acústicas. (JUNAC). Se distingue cuatro densidades para la misma muestra de madera que son:

Densidad Verde (DV), es la relación existente entre el peso verde (PV) y el volumen verde (VV).

Densidad Seca al Aire (DSA), relación existente entre el peso seco al aire (PSA) y el volumen seco al aire (VSA).

Densidad Anhidra (DA), relación que existe entre el peso anhidro (PSH) y el volumen anhidra (VSH).

Densidad Básica (DB), es la relación entre el peso seco al horno (PSH) y el volumen verde (VV), es bastante utilizada debido a las condiciones en las que se basa, ya que son estables en una especie determinada. (gr/cm^3).

1.4 PESO ESPECÍFICO

El peso específico (Pe) es la relación entre el peso de la madera a un determinado contenido de humedad y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera, considerando que la densidad del agua es igual a 1, se dice que la relación entre la densidad de la madera dividida entre la densidad del agua iguala a su peso específico (WorldwideScience, 2011).

Peso Específico Real

Es el peso que corresponde a la pared celular, es referido como el peso específico de la madera sin tomar el volumen de espacios inherentes a la misma, es un valor relativamente constante para todas las especies de maderas, ya que solamente se toma en cuenta la densidad de los componentes químicos que forman la pared celular de la madera. Para su determinación es necesario medir el volumen de los espacios vacíos, la manera de realizarlo es utilizando un elemento que desplace el aire de sus espacios. (Aguirre Santiago 1991).

1.5 POROSIDAD

Es el porcentaje total de espacios vacíos en la madera cuando es eliminada la totalidad del agua en la pieza (Galante1953).

1.6 SORCIÓN EN LA MADERA (ABSORCIÓN)

Es la capacidad que tienen ciertos materiales de absorber humedad de la atmósfera que le rodea y de retenerla en forma de agua líquida o vapor de agua. La madera contiene huecos en el lumen celular, todos ellos susceptibles de ser ocupados por agua., Por otra parte, la atmósfera tiene una fuerza desecante dependiente de la temperatura, humedad relativa y presión a la que se encuentra, es también capaz de captar agua de la pared celular de la madera. Dependiendo de la fuerza de uno u otro, la madera capta o cede agua. ([http://www.arqhys.com/contenidos/madera propiedades.html](http://www.arqhys.com/contenidos/madera_propiedades.html)"2012).

1.7 ENCOGIMIENTO DE LA MADERA

La madera pierde humedad a medida que se seca. Si el resto de humedad baja lo suficiente, la madera comienza a encogerse generando deformación y puede provocar que la madera se deforme. Las microfibrillas de la pared celular secundaria de espesor están alineadas paralelamente entre sí se extienden en dirección longitudinal. La pared celular puede absorber una cantidad considerable de agua, y sólo una vez que el contenido de humedad cae por debajo del punto de saturación no se comenzará a disminuir. ([http://www.arqhys.com/contenidos/madera propiedades.html](http://www.arqhys.com/contenidos/madera_propiedades.html)"2012).

1.7.1 Encogimiento transversal y volumétrico

La diferencia entre la contracción transversal y la tangencial es la causa por la que se deforman las maderas durante el proceso de secado; por esa razón, en ebanistería se emplean maderas cuyas contracciones radiales y tangenciales son muy parecidas, siendo más apreciada la madera cuanto menor es la diferencia entre ambas. (http://www.arqhys.com/contenidos/madera_propiedades.html”2012).

1.8 IMPORTANCIA DE LA MADERA

En sentido global, la industria de la madera abarca la transformación de la madera en productos de consumo. Haciendo una clasificación sencilla, distinguimos entre empresas de primera transformación, que originan productos semielaborados (empresa de tableros, aserrado y preparación industrial de lamadera), de segunda transformación que proporciona productos finales (empresas de envases y embalajes, de muebles, carpintería) y cerrando el ciclo, también incluyen a las empresas gestoras de biomasa de madera recuperada.

La madera del Ciprés se utiliza en la actualidad principalmente para la elaboración de cajas o tornería. También se utiliza para la confección de láminas con la que se forran las guitarras. Los árboles son buenos como ornamentales y se emplean en cortinas rompevientos a causa de su denso follaje y resistencia al viento. (A. Betancourt.)

CAPÍTULO II

MATERIALES Y METODOLOGÍA

2. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El Municipio de Tarija, sección municipal única de la provincia Cercado del departamento de Tarija comprende la ciudad de Tarija capital con aproximadamente 75 comunidades rurales, se encuentra ubicado dentro del Valle Central de Tarija, con alturas que varía desde los 1.250 metros sobre nivel del mar en la parte más baja, por la comunidad de Tipas, llegando al pie de monte con altura de 2.100 msnm y pasando a elevaciones más altas de 4.300 msnm, como la montaña de la Reserva Biológica de Sama. (INE 2017).

La provincia Cercado, limita al norte con las provincias Méndez y al sur con la provincia Avilés, al este con O'Connor y al oeste con la provincia Méndez. Geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas mínima $21^{\circ} 51' 30''$ latitud S. $64^{\circ} 59' 51''$ longitud W; la máxima $21^{\circ} 08' 07''$ latitud S. y $64^{\circ} 17' 42''$ de longitud oeste.

La zona de extracción del material de investigación se encuentra en la provincia Cercado del Departamento de Tarija, dentro de los predios del terreno del Sr. Pedro Brozovich.

El acceso a la propiedad, es a través del camino carretero San Blas, con acceso a través de la avenida Felipe Palazón, la cual tiene una parte de camino asfaltado y lo demás de tierra, limitando como colindante con la familia Campero al Sur-Este, al Sur-Oeste con la familia Fernandez, y un canal de desagüe, al Nor-Oeste con el colegio La Salle, y al Nor-Este con la Avenida Felipe Palazón correspondientes al camino de San Blas. Con las siguientes coordenadas $21^{\circ} 33' 22.22''$ de Latitud S. y $64^{\circ} 43' 14.80''$ Longitud W.

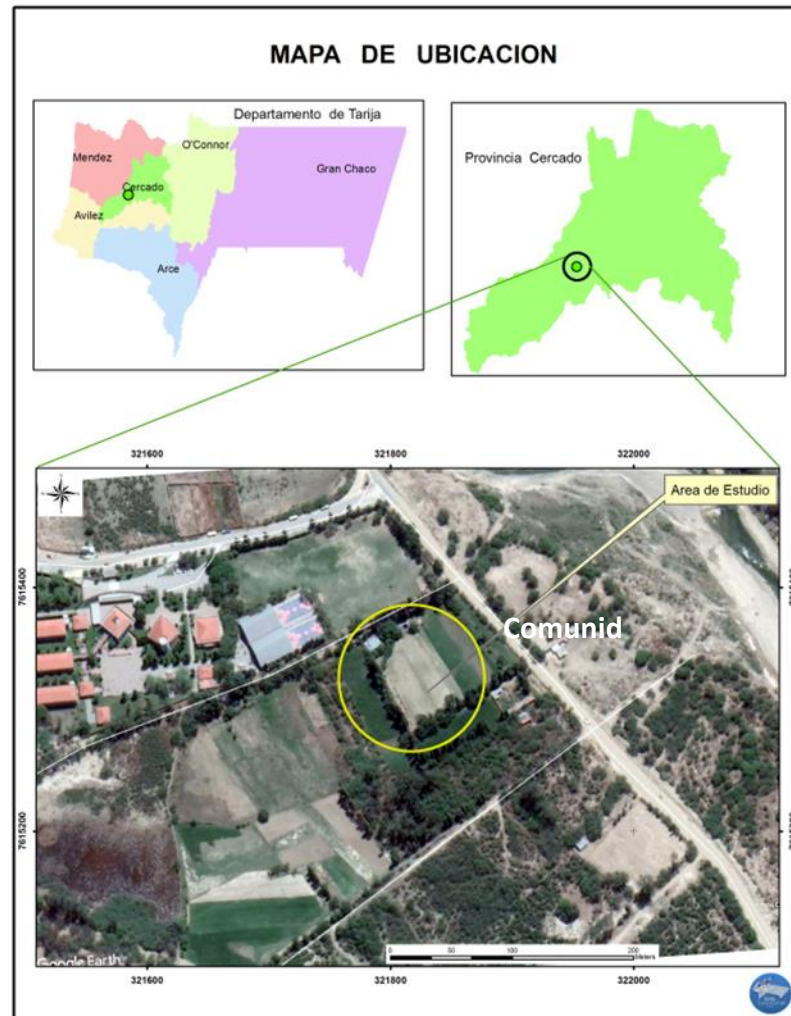


Figura 3: Mapa de Ubicación

Fuente: (Hiza, 2018)

Los árboles de extracción se encuentran en la plantación de deslinde de la propiedad del Ingeniero Pedro Brozovich (como Cortina Rompe Vientos) en la zona de San Blas, en un terreno con una extensión aproximadamente de 13000 metros cuadrados, como se puede observar en el mapa de ubicación, en las siguientes coordenadas:

Árbol N° 1: 21°33'19.86" Latitud y 64°43'14.64" Longitud

Árbol N° 2: 21°33'21.52" Latitud y 64°43'15.65" Longitud

Árbol N° 3: 21°33'22.71" Latitud y 64°43'15.11" Longitud

2.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1.1 Clima

La Provincia Cercado es la región que tiene instalada una red aceptable de estaciones meteorológicas, consistente en 7 estaciones climáticas y 10 estaciones pluviométricas, la de mayor información record es la estación Aeropuerto.

Para realizar las respectivas interpolaciones a través de un Sistema de Información Geográfica y obtener los diferentes mapas temáticos de precipitación, temperatura, se precisó de otras estaciones aledañas a la Provincia Cercado, tal como se muestra en los cuadros siguientes de información climática.

Según el PERTT se determinó, por el método Schaufelberguer quien establece la unión de dos metodologías como la clasificación de Caldas y Lang.

Para los cuales Caldas establece sus parámetros en función de la altura y la temperatura, como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 1: Rangos De Clasificación Climática De Caldas

Piso térmico	Símbolo	Rango de alturas (m)	Temperaturas (°C)	Variación de la altitud por condiciones locales
Cálido	C	0 - 1000	$T \geq 24$	Limite superior + - 400
Templado	T	1001 - 2000	$24 > T \geq 17,5$	Limite superior + - 400
Frió	F	2001 - 3000	$17,5 > T \geq 12$	Limite superior + - 400
				Limite inferior + - 400
Páramo bajo	Pb	3001 - 3700	$12 > T = 7$	
Páramo alto	Pa	3701 - 4200	$T < 7$	

Fuente: (PERTT, 2015)

De la misma manera se muestra los parámetros de clasificación climática según Lang en el siguiente cuadro:

Cuadro N°2: Rangos de Clasificación Climática de Lang

Factor de Lang P/T	Clase de clima	Símbolo
0 a 20	Desértico	D
20,1 a 40	Árido	A
40,1 a 60	Semiárido	Sa
60,1 a 100	Semihúmedo	Sh
100,1 a 160	Húmedo	H
> 160	Superhúmedo	SH

Fuente: (PERTT, 2015)

2.1.2. Temperatura

La temperatura media oscila alrededor de 17°C, con máximas extremas que sobrepasan 30°C en verano y mínimas de hasta -9.6°C en invierno. La localidad de cercado se caracteriza por tener un clima templado. (SENAMHI 2017)

En forma general el clima de la provincia Cercado, en función a 9 estaciones climáticas, se presenta con una temperatura media anual de 17,4° C, la máxima media de 25,5° C, mínima de 9,4° C, se tiene en verano extrema máxima de 39,4° C, y extrema mínima de invierno de -8,6° C, tal como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 3: Provincia Cercado: Área Rural; Temperatura Media

Estaciones	Temperatura Media											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Aeropuerto	20.7	20.3	19.1	18.3	15.4	13.3	13.1	15	16.8	19.4	20.2	20.7
San Jacinto Sud	20.6	20.2	20	18.6	16.1	13.9	13.8	15.3	16.6	19.3	20	20.7
Turumayo	20.4	20.1	20.2	18.2	15.6	14.6	13.9	16.7	17.5	19.6	19.8	20.6
San Andrés	20.1	19.5	19.2	18	15.4	14.3	14.3	16.3	17.1	18.2	19.2	19.7
Sella Quebradas	19.7	19	18.8	17.8	15.5	14.5	13.8	15.8	16.8	19	19.2	19.9
Yesera Norte	17.4	16.4	16.2	14.9	13.4	12.7	11.4	12.8	14.2	16.2	16.5	17.7
San Pedro Bella	18.9	18.1	18.1	17.5	15.2	14	12.4	16.4	15.6	19.9	18.9	19.6
Santa Ana P.	22.2	28	21.6	15.1	13.2	13.1	18.7	16	19.6	18	16.5	20.7
Promedio	20	20.2	19.2	17.3	15	13.8	13.9	15.5	16.8	18.7	18.7	19.9

Fuente: SENAMHI, 2017

2.1.3. Precipitación

La precipitación media anual es de 605.2 mm, el 85% de la precipitación está concentrada en los meses de noviembre a marzo, existiendo un 90% de probabilidad que las precipitaciones no sean mayores a los 630 mm y un 50% de que no sean mayores a 550 mm.

La precipitación se caracteriza por periodos relativamente cortos de lluvias (noviembre-abril), con regímenes de precipitaciones muy variables en cuanto a frecuencia e intensidad y con un periodo largo de estiaje (mayo-octubre), periodo en el cual es más notorio el déficit de agua en las subcuencas del Río Santa Ana, Sella y El Monte.

También se presenta precipitaciones máximas en 24 horas en un promedio de 111mm, días con lluvia de 70, tal como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro N° 4: Provincia Cercado: Área Rural; Precipitación Media

Estaciones	Precipitación Media												PP anual	Pmax en 24h	Días de lluvia	Velocidad viento	Dirección viento
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D					
Aeropuerto	133	114	84	22	2	1	1	2	7	36	70	131	602	125	65	6	SE
San Jacinto Sud	110	107	100	20	3	0	1	3	8	45	79	115	590	111	65	5	E
Turumayu	169	170	161	30	6	1	1	2	21	55	97	169	881	99	82	7	S
San Andrés	202	195	177	43	9	2	3	8	17	83	135	201	1074	150	92		
Sella Quebradas	132	115	99	20	5	1	1	2	13	28	60	120	595	110	73	5	W
Yesera Norte	142	125	105	27	5	1	2	5	9	39	70	124	654	97	69	10	E
San Pedro Bella Vista	136	97	84	18	1	0	0	4	4	16	53	100	512	89	73		
Santa Ana P.	107	67	54	11	4	1	1	0	4	24	27	87	386	99	43		
Pinos Sud	226	227	184	47	10	4	2	8	19	60	126	187	1099	146	90		
Obrajes	147	114	91	32	4	1	4	1	2	38	68	155	656	48	60		
San Mateo	140	161	129	36	5	2	4	11	7	41	70	146	751	65	72		
Pampa Redonda	169	170	138	56	8	3	3	10	13	62	99	175	905	144	82		
Gamoneda	125	99	78	16	4	0	0	3	6	28	52	87	499	109	60		
Junacas	126	102	83	20	4	3	1	3	10	30	54	88	524	100	52		
Calderillas	310	261	204	50	11	5	5	12	19	57	111	207	1251	130	111		
Laderas Centro	91	79	71	12	1	0	0	1	6	24	42	73	399	164	28		
San Agustín	83	47	37	26	2	0	0	2	3	20	33	55	308				
Promedio	149	131	110	28	5	1	2	4	10	40	74	131	684	111	70	6	SE

Fuente: SENAMH,I 2017

2.1.4 Velocidad y dirección de los vientos

La velocidad promedio anual es de 6.0 km/h, éstos se presentan con mayor intensidad de agosto a diciembre. La dirección de los vientos son hacia el SE (Sur-Este), con una velocidad de vientos de 10 km/h. (SENAMHI, 2017)

Se presenta vientos débiles a moderados de dirección variable de origen local, el régimen normal de vientos en la provincia Cercado, que corresponde en gran parte al Valle central de Tarija, está determinado por el ingreso de masas de aire denso a través de la fractura geológica de la Angostura, razón por la cual, la intensidad, así como la dirección predominante se modifica al distribuirse tanto hacia el norte como al sur, de este punto de referencia.

2.1.5. Humedad relativa

La humedad relativa media es de 59.4% en general, siendo alta en verano y baja en otoño e invierno y los meses más húmedos son febrero y marzo que en promedio tienen 73% de humedad relativa.

Una de las características interesantes con respecto a la humedad, la presencia de masas de aire húmedo y frío (surazos) en algunos días de la estación de invierno que acompañados de vientos, dan origen a una sensación térmica diferente a la observada en los termómetros.

2.1.6. Evaporación

La evaporación media diaria es de 4.41 mm. Bajando este promedio los meses de invierno y elevándose en los meses de verano. La evapotranspiración calculada por el método del tanque evaporímetro tipo "A" basándose en los datos de evaporación alcanza los 1.287 mm/año. (SENAMHI 2017).

2.1.7. Radiación solar

Alcanza un valor promedio de 406.8 cal/cm²/mes, alcanzando los meses de invierno 150 cal/cm²/mes en verano.

La insolación (horas de brillo solar), se tiene un promedio en agosto el valor más alto 8.1 horas y el más bajo en enero con 5.1 horas. (SENAMHI 2017)

2.1.8. Suelos

Los suelos de acuerdo a la geomorfología, en la parte de Cercado, son moderadamente desarrollados, moderadamente profundos, con moderadas y fuertes limitaciones por erosión, originados a partir de sedimentos fluvio lacustre, aluviales coluviales. (SENAMHI 2017)

2.1.9. Vegetación

La existencias de variables ambientales existentes en las áreas de estudio, genera diferentes tipos de clima, que son determinantes para existencia de diferentes tipos de formación vegetal natural, estas características ambientales han originado una gran variabilidad de paisajes caracterizado por sus diferentes especies nativas. (Gobierno Municipal de la Ciudad de Tarija, 2007)

Cuadro N° 5: Principales especies nativas de arbustos en la zona de San Blas.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Churqui	<i>Acacia caven mol.</i>	Leguminosae
Molle	<i>Schinus molle L.</i>	Anacardiaceae
Algarrobo	<i>Prosopis alba sp.</i>	Leguminosae
Jarca	<i>Acacia visco lor. griseb</i>	Leguminosae
Chañar	<i>Geoffroeadecorticans</i>	Leguminosae

Fuente: (Gobierno Municipal de la Ciudad de Tarija, 2007)

Cuadro N° 6: Cultivos frutícolas más comunes en San Blas.

Nombre común	Nombre científico	Familia
Duraznero	<i>Prunus pérsica L.</i>	Rosaceae
Higuera	<i>Ficus carica L.</i>	Moraceae

Fuente: (Gobiernomunicipalde la ciudad de Tarija,2007)

2.1.10. Agricultura

Se desarrolla, bajo dos formas de explotación: A temporal o secano y bajo condiciones de riego. En las áreas de secano los cultivos son el maíz para choclo y grano, papa, higuera duraznos, etc. Y bajo riego son: cebolla, maíz, etc.

2.2. MATERIALES

Los materiales y equipos empleados en el presente estudio se describen en la siguientes 4 fases:

2.2.1. Fase de campo

- Motosierra
- Machetes
- Brújula
- Eclímetro
- Cinta métrica
- Flexometro
- Marcadores
- Cámara fotográfica
- Planillas de campo
- Pintura al aceite
- Vehículo para el transporte del material

2.2.2. Fase de aserradero

- Sierra sin fin
- Sierra circular
- Cepilladora
- Canteadora
- Despuntadora
- Grueseadora
- Lija
- Marcadores
- Serrucho
- Flexometro
- Escuadras y reglas de carpintería
- Cepillo manual
- Marcadores y lápices
- Planillas de registro

2.2.3. Fase de laboratorio

- Balanza eléctrica (0.01 gr. de precisión)
- Soporte universal
- Horno o estufa eléctrica
- Vernier
- Punzón
- Recipiente de 5 litros
- Desecador
- Parafina(velas)
- Vasos de precipitación

2.2.4. Fase de gabinete

- Mesa o escritorio
- Planillas de registro
- Cartas geográficas de la zona
- Mapas de la zona de estudio
- Normas COPANT MADERAS
- Material de escritorio
- Computadora

2.3 METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en el presente trabajo corresponde a la que recomienda las normas panamericanas COPANT MADERAS que son puntualizadas a continuación:

Cuadro N° 7: Normas COPANT MADERAS

NORMAS	TEMAS
COPANT 158	Glosario
COPANT 459	Acondicionamiento de las muestras de maderas destinadas a los ensayos físicas-mecánicos
COPANT 460	Método de determinación del contenido de humedad
COPANT 461	Método de determinación del peso específico aparente
COPANT 462	Método de determinación de contracción
COPANT 30:1-012	Análisis estadístico y presentación de los resultados de las propiedades físicas.

2.3.1. Selección de las muestras

Se realizó primeramente un censo y se georeferenció el área así como los árboles; habiendo seleccionado 3 árboles (Ver anexo 8) dentro de las cortinas perimetrales que constituyen en rompe viento.

2.3.2. Selección de la zona

Para la selección de la zona se tomó en cuenta la distribución de los individuos en el área, de tal manera que la selección de los individuos sea equitativa. Teniendo siempre presente los accidentes hidrográficos, geográficos y otros puntos. La topografía del terreno es plana sin pendientes.

2.3.3. Definición de la población

De acuerdo a la finalidad del estudio se evaluó las diferentes características para cada individuo bajo estudio, dentro de la hilera perimetral tales como: especie, edad, diámetro a la altura del pecho, sanidad, etc.

2.3.4. Selección de los árboles

Se seleccionó tres árboles realizando un muestreo al azar, los cuales fueron marcados y posteriormente apeados, teniendo siempre presente que los individuos reúnan las características específicas requeridas en el estudio a realizar y obtener el material para la elaboración de las probetas.

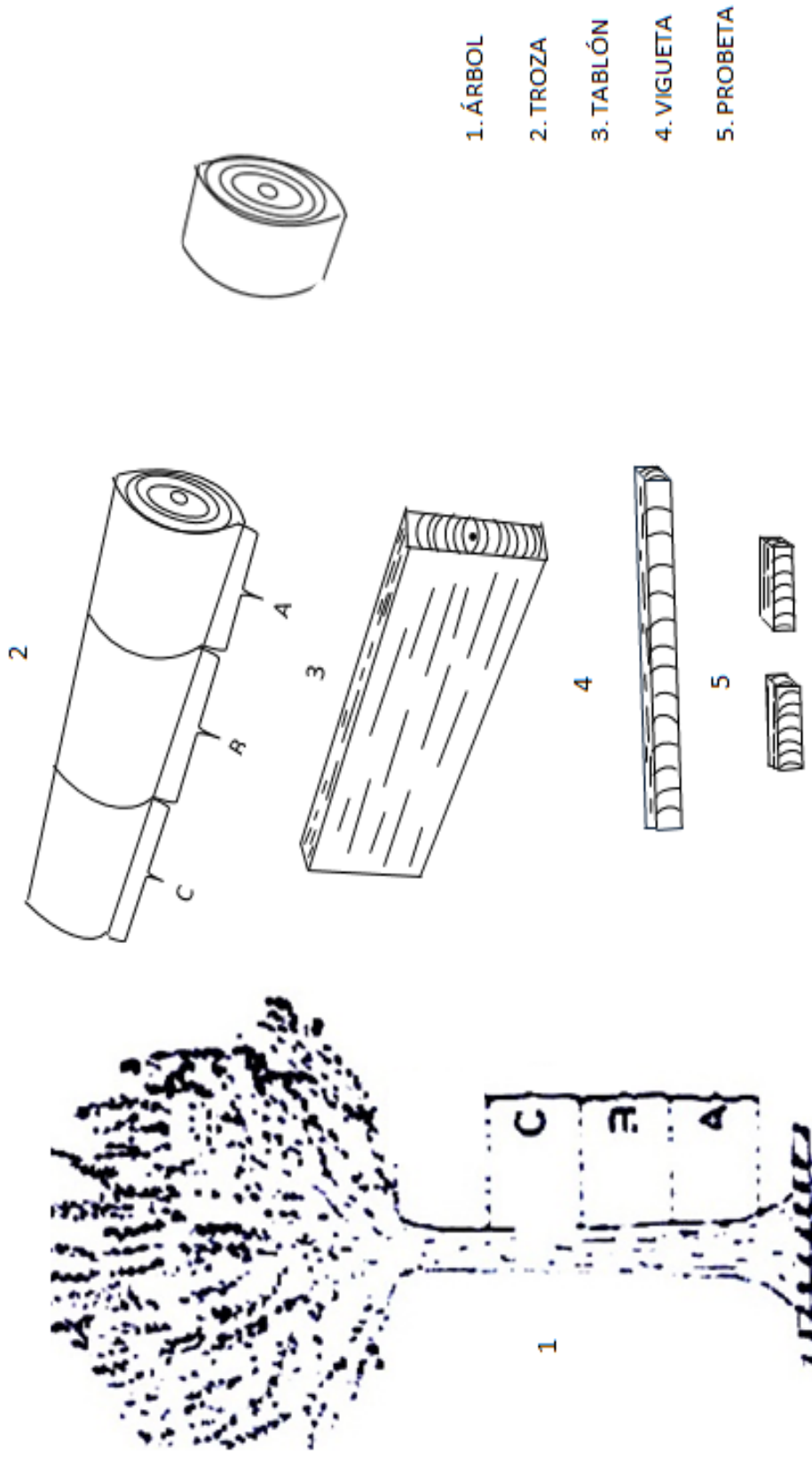
2.3.5. Selección de las trozas

Una vez seleccionando los ejemplares se procedió al derribe del árbol se realizó el desramado y se obtuvo trozas de 0.50 m. de longitud, teniendo en cuenta que las trozas estén libres de anomalías y defectos, las cuales fueron marcadas en sus extremos para facilitar su identificación, utilizando letras mayúsculas en orden secuencial desde la parte inferior a la parte superior de la troza, como se puede observar en la figura N° 4, luego se realizó un sorteo de las trozas a utilizar de cada árbol, posteriormente se registró los datos relacionados con las trozas en una planilla. (Cruz 2006).

2.3.6. Selección de las viguetas dentro de la troza

Las viguetas fueron obtenidas de los tablonces centrales y laterales, los mismos que se dividieron longitudinalmente para obtener de cada una de las viguetas de 7*7 cm de sección transversal, teniendo en cuenta la escuadría adecuada para una buena orientación de los anillos de crecimiento la dirección de las fibras. Posteriormente, para darle una sección transversal requerida de 3.5 cm *3.5 cm * 10 cm de longitud.

FIGURA N° 4: Trozado y aserrado de la madera.



2.3.7. Obtención de las probetas dentro de las viguetas

La preparación de las probetas se realizó de acuerdo de la siguiente paso:

- En una primera fase se procedió a aserrar los tablones centrales para luego apilarlos en un galpón el mismo debe tener una buena circulación de aire, aplicando tratamientos profilácticos parafina o pintura en los extremos de los tablones centrales.
- Después de un lapso de tiempo de 10 días, cuando el contenido de humedad bajo, se procedió a la preparación de listones de 3.5*3.5*50 cm. de tal forma que dos lados opuestos tengan una cara tangencial paralela a los anillos de crecimiento y los otros dos lados presenten una cara radial.
- Sobre las viguetas seleccionadas se procedio a marcar 50 cm longitud, requerida para el ensayo de propiedades físicas y se evito los defectos que puedan presentarse en la madera (como rajaduras, nudos, pudriciones, etc.)
- La obtención de listones para los ensayos en verde son de 3.5*3.5*50 cm. elegidos al azar, éstos se los dejó secar en un galpón al aire libre durante 10 días hasta que llegue a un contenido de humedad adecuado, se realizaron éstos listones mediante una sierra sin fin, una sierra circular de mesa, una máquina cepilladora, y una gruesadora, tomando en cuenta siempre la correcta orientación de los anillos de crecimiento y la dirección de la fibras.
- Después de un tiempo determinado de 7 días, se comenzó la preparación definitiva de las probetas (3cm x 3cm x 10cm). Esta etapa es importante y se debe tener un cuidado especial en la elaboración de las probetas ya que una inadecuada orientación de los anillos de crecimiento, como asimismo de la dirección de las fibras traen resultados incorrectos.

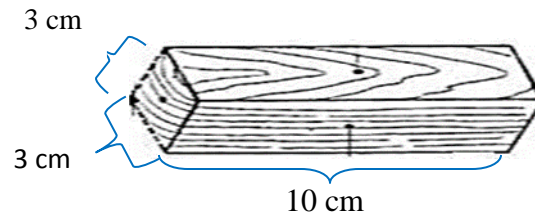


Figura 5: Orientación de las Probetas

- El número de probetas que se utilizó en la determinación de las propiedades físicas fueron las mismas probetas para las diferentes etapas (en estado verde, seco al aire y estado seco al horno), teniendo probetas auxiliares para sustituir probetas que presenten un defecto mínimo si el caso amerita.

2.3.8. Codificación de las probetas

Para tener una correcta tabulación de datos y mejor identificación de las probetas se realizó una codificación de manera que sea clara y sencilla con lápiz indeleble que nos permita ubicarla cuando se realice el ensayo.

Donde:

2 = Número de Árbol

A = Troza

2 A III 1

III= Vigueta

1= Probeta

2.4. EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS DE PROPIEDADES FÍSICAS

La determinación de las propiedades físicas se efectuó en tres etapas de acuerdo al estado de las probetas por su contenido de humedad.

a) Estado verde

- **Primera etapa**

Las probetas fueron extraídas del recipiente donde se encontraban en remojo hasta alcanzar un contenido de humedad mayor a 30% debido a que la madera pierde humedad desde el momento del apeo hasta la preparación de las probetas.

Luego se escurrió el agua de las probetas y se procedió a pesarlas ,para determinar las dimensiones radiales, tangencial y la medición del volumen por el método de inmersión, datos que se tabularon en las respectivas planillas (Ver anexo N°1).

b) Estado seco al aire

• **Segunda etapa**

En este caso las probetas se las dejó secar en condiciones normales de humedad procediendo a medir cada 5 días y luego cada 10 y 15 días hasta que las probetas llegaron a un peso constante. Los valores correspondientes al peso seco al aire, se procedió a medir las dimensiones radial, tangencial y la determinación del volumen seco al aire por el método de inmersión en agua destilada. los datos fueron tabulados en la planilla (Ver anexo N°2).

c) Estado seco al horno

• **Tercera etapa**

Se procedió a colocar las probetas en la estufa dejándose 24 horas, a 40°C, incrementando la temperatura a 60°C durante 24 horas, luego 80°C por el lapso de 24 horas y finalmente después a 101-+ 2°C, hasta obtener un peso constante, se retiran las probetas de la estufa y posteriormente se peso y se midio sus dimensiones de la cara radial y tangencial. Luego se cubre las probetas con parafina líquida, esto se realiza para evitar la absorción de agua en la determinación del volumen por el método de inmersión.

Los valores registrados de los pesos, dimensiones y volúmenes en los diferentes estados como ser: Estado Verde, Estado Seco al Aire y Estado Seco al Horno o Anhidro. Con los datos obtenidos se procedió a realizar los diferentes cálculos.

Con todos estos datos se procedio a calcular

- Contenido de humedad %
- Densidad aparente y básica en gr/cm^3
- Contracción normal y total (radial, tangencial y volumétrica en %)
- Tasa de estabilidad (T/R)

- Porosidad en %
- Humedad máxima en %

2.4.1 Contenido de humedad

De acuerdo a la norma COPANT 460 se determinó el contenido de humedad por el método de pesas o secado en estufa para cada una de la probetas, en la misma se utilizó una balanza de (0,01 gr) de precisión y una estufa que permita regular la temperatura de $101 \pm 2^\circ\text{C}$. (Cruz, 2006).

Se puso las probetas en la estufa, la misma que contenía un termorregulador, que cada 24 horas se incrementaba la temperatura en forma gradual de 40, 60, 80, hasta llegar a los $101 \pm 2^\circ\text{C}$, con la finalidad de que dos pesos lleguen a ser constantes, para luego extraer las probetas y dejarlas en un desecador para posteriormente pesar y registrar los pesos en la planilla correspondiente. Y con los datos obtenidos calcular el contenido de humedad.

$$CH = \frac{PV - PSH}{PSH} * 100$$

CH=Contenido de humedad (%)

PV=Peso de la probeta en estado verde (gr)

PSH= Peso de la probeta en estado anhidro (gr)

2.4.2 Peso específico y densidad básica

Según la norma COPANT MADERAS 461, a través de la lectura de la balanza se obtuvo el peso de las probetas en gramos y el volumen mediante el método de medición indirecta por inmersión en agua. Después de los datos se determina el peso específico aparente para los tres estados correspondientes. Con la relación peso anhidro y volumen verde se obtiene la densidad básica o peso específico básico.

Cuadro N° 8: Densidad en verde, densidad seca al aire, densidad anhidra y densidad básica

Densidades Totales	Dv (gr/cm ³)	DSA (gr/cm ³)	DSH (gr/cm ³)	DB (gr/cm ³)
Promedio	1.13	0.47	0.43	0.39

Fuente: (Elaboracion propia 2018)

PV = Peso verde. PSA = Peso seco aire. PSH = Peso seco horno.

VV = Volumen verde. VSA = Volumen seco aire. VSH = Volumen seco horno.

Peso Verde (PV)

$$PV = \frac{PV}{VV} \text{ gr/ cm}^3 \qquad PV = \frac{102,11}{90,49} = 1.13 \text{ gr/ cm}^3$$

Peso Seca al Aire (DSA)

$$PSA = \frac{PSA}{VSA} \text{ gr/ cm}^3 \qquad PSA = \frac{39,78}{83,84} = 0.47 \text{ gr/ cm}^3$$

Peso Anhidra (DA)

$$PANH = \frac{PSH}{VSH} \text{ gr/ cm}^3 \qquad PANH = \frac{35,44}{83,38} = 0.43 \text{ gr/ cm}^3$$

Densidad Básica (DB)

$$DB = \frac{PSH}{VV} \text{ gr/ cm}^3 \qquad DB = \frac{34,67}{90,87} = 0.39 \text{ gr/ cm}^3$$

2.4.3 Contracción

La contracciones tanto Cr, Ct y Cv. Se determinó según la norma COPANT MADERAS 462, por lo cual se acondicionó de tal forma que las probetas alcancen la condición de equilibrio tanto en el peso como en las medidas. Se procedió a introducir las probetas en la estufa durante tres días graduando la temperatura de 40, 60, 80, hasta los 101-+2°C con el fin de evitar las rajaduras, se registró las mediciones hasta obtener un peso constante en todas las probetas.

Cuadro N° 9: Contracciones, tangencial normal, radial normal y volumétrica normal.

Contracciones	CRN (%)	CTN (%)	CVN (%)
Estado seco al aire	1.36	6.44	7.71
Estado seco al horno	2.22	6.85	8.92
Ajuste al 12 %	1.38	6.46	7.75

Fuente: (Elaboracion propia, 2018)

DRV = Dimensión radial verde.

DTV = Dimensión tangencial verde.

DRSA = dimensión radial seco aire.

DTSA = Dimensión tangencial seco aire.

VV = Volumen verde.

VSA = Volumen seco aire.

Contraccion radial normal (CRN)

$$CRN = \frac{DRV-DRSA}{DRV} * 100 \quad CRSA = \frac{30.17-29.75}{30.17} * 100 = 1.36 \%$$

Contraccion tangencial normal (CTN)

$$CTN = \frac{DTV-DTSA}{DTV} * 100 \quad CRSA = \frac{30.17-28,10}{30.17} * 100 = 6.44 \%$$

Contraccion volumétrica normal (CVN)

$$CVN = \frac{VV-VSA}{VV} * 100 \quad CRSA = \frac{90.87-84.90}{90.87} * 100 = 7.71\%$$

2.4.4 Tasa de estabilidad

Se determinó en función Ctt respecto a la radial que relaciona la contracción tangencial y la contracción radial. Este valor dimensional que expresa la estabilidad de la madera durante el proceso de secado.

$$TASA = \frac{CTT}{CRT}$$

$$TASA = \frac{7,40}{2,22} = 3,33$$

TASA = Tasa

CTSA = Contracción tangencial seco aire.

CRSA = Contracción radial seco aire.

2.4.5 Humedad máxima

Se utilizó la medición indirecta de la cantidad de agua que contiene la madera (agua libre y agua de impregnación) la que puede albergar la madera cuando se encuentra completamente saturada. Donde la humedad se expresa en porcentaje (%) y con sus valores podemos deducir el peso específico máximo en estado verde de la madera o árbol recién apeado.

$$hm = \left(\frac{1}{f\sigma} - \frac{1}{1.5} \right) + 0.28) * 100$$

hm= humedad máxima (%)

$f\sigma$ = Peso específico anhidro(gr/cm³)

1.5 = Peso específico real de la madera (gr/cm³)

$$hm = \left(\frac{1}{0,43} - \frac{1}{1.5} \right) + 0.28) * 100) = 196.97 \%$$

CAPÍTULO III

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS

Para realizar el análisis estadístico, se tomó en cuenta las siguientes condiciones indispensables para su ejecución:

- Que los árboles del área y cuya madera no presenten defectos y tengan la misma posibilidad de entrar en el muestreo.
- La recolección de las probetas fue realizada según el muestreo al azar.

El análisis estadístico, se realizó de acuerdo a la norma COPANT 30:1-012 que establece el procedimiento y la presentación de los resultados para poder determinar las propiedades de la madera.

Los datos para el análisis estadístico son:

Número de árboles ensayados	= k = 3
Número de probetas por árbol	= l = 4
Número total de probetas por ensayo	= N = 12

Donde:

$$N = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + \dots + l_k = \sum_{j=1}^k l_j$$

Los datos anteriores permiten calcular los siguientes valores:

a. Valor promedio (\bar{X}) de los valores individuales por árbol

$$\bar{X} = \frac{1}{l} * (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_l) = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l x_i$$

(x) es la variable que indica cada uno de los valores de los resultados obtenidos en cada probeta.

b. Estimación de la varianza

La estimación de la varianza, se determina en base a las relaciones indicadas más adelante para el cálculo de la varianza de valores individuales, estimación de la varianza promedio y la varianza total ($S_1^2; S_2^2; S_T^2$).

Cuadro N° 10: Determinación de las variaciones $S_1^2; S_2^2; S_T^2$

	Grados de Libertad	Suma de cuadrados de la desviación	Varianza
Entre los grupos	$n_1 = k - 1$	$A_1 = II - I$	$S_1^2 = \frac{A_1}{n_1}$
Dentro de los grupos	$n_2 = N - k$	$A_2 = III - II$	$S_2^2 = \frac{A_2}{n_2}$
Total	$n_1 + n_2 = N - 1$	$A_1 + A_2 = III - I$	$S_T^2 = \frac{A_1 + A_2}{n_1 + n_2}$

Donde:

$$n_1 = k - 1 = 3 - 1 = 2$$

$$n_2 = N - k = 12 - 3 = 9$$

$$n_1 + n_2 = N - 1 = 11$$

Los números romanos son agrupadores de datos y/o fórmulas; para su desarrollo se presenta el siguiente ejemplo:

Donde:

$N = 12$ (número de probetas por ensayo)

$k = 3$ (número de árboles)

$l = 4$ (número de probetas dentro de un árbol por ensayo)

$$I = \frac{1}{N} * \left(\sum_{j=1}^N x_j \right)^2 = \frac{(2262,29)^2}{12} = 4296495,41$$

$$II = l * \sum_{j=1}^k x_j^2 = \sum_{j=1}^k \frac{1}{l} \left(\sum_{i=1}^k x_i \right)^2 = 427465,03$$

$$III = \sum_{i=1}^N x_i^2 = 427842,84$$

$$S_1^2 = \frac{II - I}{k - 1} = \frac{969,63}{2} = 484,81$$

$$S_2^2 = \frac{III - II}{N - k} = \frac{377,81}{9} = 41,98$$

$$S_T^2 = \frac{III - I}{N - 1} = \frac{1347,43}{11} = 122,49$$

S_1^2 = Variación de los valores individuales entre los árboles

S_2^2 = Variación promedio

S_T^2 = Variación de todos los valores individuales al rededor del promedio total

c. Determinación del coeficiente de variación

Se desarrolla primeramente el cálculo de la desviación típica, que es la raíz cuadrada de los valores de variación, obteniéndose:

$$S_1 = \sqrt{484,81} = \pm 22,02$$

$$S_2 = \sqrt{41,98} = \pm 6,48$$

$$S_T = \sqrt{122,49} = \pm 11,07$$

Coficiente de variación (CV_1) para la varianza promedio de los valores individuales entre (k) árboles se determina mediante la siguiente fórmula:

$$CV_1 = \frac{S_1}{\bar{X}} * 100 = \frac{22,02}{188,52} * 100 = 11,68 \%$$

Coefficiente de variación (CV_2) para la varianza promedio de los valores de las varianzas dentro de los (k) árboles se determina como sigue:

$$CV_2 = \frac{S_2}{\bar{X}} * 100 = \frac{6,48}{188,52} * 100 = 3,44 \%$$

El coeficiente de variación total (CV_T) para la varianza de los valores individuales

(x_i) Alrededor del promedio total (\bar{X}) se obtiene según:

$$CV_T = \frac{S_T}{\bar{X}} * 100 = \frac{11,07}{188,52} * 100 = 5,87 \%$$

d. Cálculo del intervalo de confianza para el valor promedio total

En esta fórmula “t” es un factor que depende de (k-1) y que tiene los siguientes valores para una seguridad estadística de 95%. como demuestra la siguiente tabla:

Cuadro N°11: Valores estadísticos

K -1	2	3	4	5	7	9	14	19	&
t (k-1)	4,3	3,18	2,78	2,57	2,37	2,26	2,15	2,09	1,96

:

$$q = \pm(k-1) \frac{S_1}{\sqrt{N}} = 4,3 * \frac{22,02}{\sqrt{12}} = \pm 27,46$$

$$p = \frac{q}{\bar{X}} * 100 = \frac{27,46}{188,52} * 100 = 14,57\%$$

CUADRO N°12: ANÁLISIS ESTADÍSTICO: CONTENIDO DE HUMEDAD EN VERDE (CHV) %

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS				
PROBETAS	ÁRBOLES ENSAYADOS			TOTAL
	1	1	1	3
	1	2	3	TOTAL
1	193,42	180,32	187,97	
2	196,14	179,57	189,41	
3	191,61	177,43	200,73	
4	192,96	166,29	206,44	
L	4	4	4	12
SUMA	774,13	703,60	784,55	2262,29
MEDIA	193,53	175,90	196,14	565,57
X2	149830,74	123892,22	154119,88	427842,84
Y2	149819,92	123764,49	153880,62	427465,03
X2 - Y2	10,82	127,73	239,26	377,81

Fuente: (Elaboracion propia, 2018)

N° ÁRBOLES ENSAYADAS (k) = 3
 N° PROBETAS DENTRO EL ÁRBOL (L) = 4
 N° TOTAL DE PROB. POR ESPECIE (N) = 12
 PROMEDIO TOTAL (X) = 188,52

GRADOS DE LIBERTAD					VARIANZA		DESVIACIÓN TÍPICO		
$n1 = k - 1$	= 2	I	= 426495,41	$A1 = II - I$	= 969,63	S21	= 484,81	S1	= 22,02
$n2 = N - k$	= 9	III	= 427842,84	$A2 = III - II$	= 377,81	S22	= 41,98	S2	= 6,48
$n3 = n1 + n2 = N - 1$	= 11	II	= 427465,03	$A3 = A1 + A2 = III - I$	= 1347,43	S2T	= 122,49	ST	= 11,07
		III - II	= 377,81						
COEFICIENTE DE VARIACIÓN				INTERVALO DE CONFIANZA					
		CV1	= 11,68	Q	= 27,46				
		CV2	= 3,44	P	= 14,57				
		CVT	= 5,87						

CAPÍTULO IV

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

4. RESULTADOS PARA LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CIPRES SP.

Una vez concluido con los ensayos de las propiedades físicas y obtenidos los valores correspondientes de cada etapa, se procedió a realizar los diferentes cálculos físicos y el posterior análisis estadístico según lo estipulado por las normas COPANT MADERAS 30:0.12, en lo referente a la obtención de los resultados individuales.

4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD

Se determinó en tanto por ciento de peso seco en estufa con valores promedios de:

Contenido de humedad en estado verde: 188,52 %

Contenido de humedad en estado seco al aire: 12,24 %

4.2 PESO ESPECÍFICO APARENTE

Los resultados obtenidos en sus tres estados (verde, seco al aire y anhidro), es determinado mediante la relación entre el cociente del peso sobre el volumen de las probetas, obteniéndose resultados promedios en sus tres estados, los mismos que son:

- Densidad verde: 1,13 gr/cm³
- Densidad seca al aire: 0,47 gr/cm³
- Densidad anhidra: 0,43 gr/cm³

4.3 PESO ESPECÍFICO BÁSICO

Conjuntamente la densidad ajustada al 12%, el peso específico básico, son variables relacionadas con la resistencia mecánica de la madera, además a coadyuvar a dar los posibles usos de la madera.

- Peso específico básico: 0,39 gr/cm³
- Densidad ajustada al 12%: 0,46 gr/cm³

4.4 CONTRACCIONES

Cuadro N° 13: Contracciones tangencial, radial y volumétrica

ESTADO	C.T%	C.R.%	C.V.%
Verde a Seco al Aire	6,44	1,36	7,71
De Verde a Anhidro	6,85	2,22	8,92
De Verde a C.H. 12%	6,46	1,38	7,75

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

La contracción tiene su importancia en los procesos de absorción, si una pieza de madera seca se pone en contacto con vapor de agua, absorbe ese vapor hasta que se produzca un equilibrio, dicho fenómeno se llama absorción, el cual es responsable de las modificaciones que se presentan según las diferentes dimensiones lineales y volumétricas de la madera.

4.5 TAZA DE ESTABILIDAD

La determinación de la estabilidad dimensional se realiza mediante el cociente de la contracción tangencial y la radial, es un valor adimensional que sirve para indicar el comportamiento de la madera al secado y a otros diversos usos.

Los resultados promedios son los siguientes:

Cuadro N° 14: Taza de estabilidad

ESTADO	TAZA DE ESTABILIDAD
Seco al Aire	4,79
Anhidro	3,14

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

4.6 POROSIDAD

La obtención de la porosidad es una propiedad física importante para la determinación del contenido de humedad máximo de la madera, se determina mediante la fórmula que establece la relación de sustracción entre el volumen anhidro igual a 1 cm y el volumen real del mismo.

Obteniéndose un promedio de: **Porosidad = 71,66 %**.

4.7 MÁXIMO CONTENIDO DE HUMEDAD

Es la humedad que tiene un árbol recién apeado, cuyo valor promedio es: **Contenido de Humedad Máximo: 196,97 %**

Concluida con la determinación de las propiedades físicas del se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones de acuerdo a las estipulaciones de la Clave de Clasificación de Maderas (Arostegui A. 1975).

4.8 USOS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CIPRES (*Cupresus sp.*)

Según los valores obtenidos en el presente estudio la densidad básica es 0,39 gr/cm³, se utiliza para embalaje, encofrados, material aislante, chapas de corte rotatorio, revestimientos de interiores de muebles.

Según el peso específico se obtuvo 0,43 gr/cm³, se caracterizan por su buen comportamiento al trabajo con máquinas de carpintería, estas maderas son utilizadas en la industria de la construcción: encofrados, revestimientos, estructuras clavadas y empernadas.

Cuadro N° 15: Datos de Propiedades Físicas de la Especie Cipres (*Cupressus sp*)

N° DE PROB.	DATOS DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPECIE CIPRES (<i>Cupressus sp</i>)											
	ESTADO VERDE DIMENSIONES				ESTADO SECO AL AIRE DIMENSIONES				ESTADO ANHIDRO DIMENSIONES			
	PESO gr	D.R.V. mm	D.T.V. mm	VOLUMEN cm ³	PESO gr	D.R.S.A. mm	D.T.S.A. mm	VOLUMEN cm ³	PESO gr	D.R.S.H. mm	D.T.S.H. mm	VOLUMEN cm ³
1	101.73	30.17	30.02	90.87	38.82	29.75	28.10	84.90	34.67	29.50	27.80	83.04
2	101.96	30.29	30.04	90.74	38.67	29.94	28.13	80.99	34.43	29.70	28.13	84.58
3	101.83	30.20	30.20	90.27	39.26	29.75	28.35	83.08	34.92	29.55	28.05	84.02
4	102.39	30.27	30.19	90.89	39.35	29.75	28.15	84.71	34.95	29.47	28.20	83.88
1	102.54	30.24	30.20	90.16	41.36	29.80	28.33	83.13	36.58	29.60	28.00	82.24
2	101.68	30.22	30.20	89.91	40.68	29.88	28.30	83.79	36.37	29.52	28.07	82.72
3	101.40	30.38	30.25	89.80	41.03	29.98	28.15	84.94	36.55	29.63	28.10	83.48
4	102.92	30.37	30.20	90.00	43.65	29.96	28.24	84.15	38.65	29.78	28.11	83.28
1	101.97	30.30	30.00	90.17	39.75	29.90	28.15	83.96	35.41	29.75	28.18	82.71
2	101.93	30.35	30.32	90.62	38.65	29.96	28.22	83.59	35.22	29.81	28.25	82.97
3	102.64	30.25	30.20	91.28	38.24	29.85	28.33	84.06	34.13	29.45	28.14	83.78
4	102.29	30.35	30.15	91.11	37.86	29.93	28.20	84.81	33.38	29.56	28.15	83.81
Total	1225.28	363.39	361.97	1085.82	477.32	358.45	338.65	1006.11	425.26	355.32	337.18	1000.51
X	102.11	30.28	30.16	90.49	39.78	29.87	28.22	83.84	35.44	29.61	28.10	83.38

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

Cuadro N° 16: Resultados de las Propiedades Físicas de la Especie Cipres (*Cupressus sp*)

N° DE ARB. PROB.	ESTADO VERDE		ESTADO SECO AL AIRE				RESULTADOS DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ESPECIE CIPRES (<i>Cupressus sp</i>)																
	CHV %	DV g/cm ³	CONTRACCIONES %				CH			AJUSTADO AL 12%			Pe			ESTADO ANHIDRO			TASA g/cm ³	DSH g/cm ³	DB g/cm ³	CH MAXIM %	POROC. %
			CRN %	CTN %	CYN %	TASA I/R	DSA g/cm ³	SA %	CR %	CT %	CV %	CR %	CT %	CVT %	CR %	CT %	CVT %						
1	193.42	1.12	1.39	6.40	7.70	4.59	0.46	11.97	1.39	6.39	7.69	0.45	2.22	7.40	9.45	3.33	0.42	0.38	200.85	72.17			
2	196.14	1.12	1.16	6.36	7.44	5.50	0.48	12.31	1.18	6.36	7.46	0.44	1.95	6.36	8.18	3.26	0.41	0.38	206.99	72.86			
3	191.61	1.13	1.49	6.13	7.52	4.11	0.47	12.43	1.51	6.16	7.58	0.45	2.15	7.12	9.12	3.31	0.42	0.39	201.94	72.29			
4	192.96	1.13	1.72	6.76	8.36	3.93	0.46	12.59	1.76	6.75	8.39	0.45	2.64	6.59	9.06	2.49	0.42	0.38	201.33	72.22			
2	180.32	1.14	1.46	6.19	7.56	4.26	0.50	13.07	1.51	6.28	7.70	0.48	2.12	7.28	9.25	3.44	0.44	0.41	186.16	70.35			
2	179.57	1.13	1.13	6.29	7.35	5.59	0.49	11.85	1.11	6.28	7.32	0.47	2.32	7.05	9.21	3.04	0.44	0.40	188.77	70.69			
3	177.43	1.13	1.32	6.94	8.17	5.27	0.48	12.26	1.34	6.95	8.19	0.47	2.47	7.11	9.40	2.88	0.44	0.41	189.73	70.81			
4	166.29	1.14	1.35	6.49	7.75	4.81	0.52	12.94	1.39	6.52	7.82	0.50	1.94	6.92	8.73	3.56	0.46	0.43	176.81	69.06			
3	187.97	1.13	1.32	6.17	7.41	4.67	0.47	12.26	1.33	6.16	7.41	0.46	1.82	6.07	7.77	3.34	0.43	0.39	194.91	71.46			
2	189.41	1.12	1.29	6.93	8.12	5.39	0.46	9.74	1.17	6.95	8.04	0.45	1.78	6.83	8.48	3.84	0.42	0.39	196.91	71.70			
3	200.73	1.12	1.32	6.19	7.43	4.68	0.45	12.04	1.33	6.19	7.44	0.44	2.64	6.82	9.29	2.58	0.41	0.37	206.81	72.84			
4	206.44	1.12	1.38	6.47	7.76	4.67	0.45	13.42	1.51	6.49	7.90	0.43	2.60	6.63	9.06	2.55	0.40	0.37	212.41	73.45			
X	188.52	1.13	1.36	6.44	7.71	4.79	0.47	12.24	1.38	6.46	7.75	0.46	2.22	6.85	8.92	3.14	0.43	0.39	196.97	71.66			
n1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
n2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9			
n3	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11			
I	426495.41	15.28	22.18	498.01	714.06	275.39	2.70	1797.63	22.78	500.31	719.95	2.51	59.19	562.77	954.10	118.01	2.17	1.84	465558.6	61618.7			
II	427842.84	15.28	22.44	498.93	715.30	278.69	2.71	1806.88	23.14	501.20	721.18	2.51	60.29	564.41	957.10	120.04	2.17	1.84	466700.3	61635.9			
III	427465.03	15.28	22.22	498.02	714.07	275.81	2.70	1798.56	22.82	500.33	719.97	2.51	59.19	563.28	954.59	118.07	2.17	1.84	466366.1	61631.0			
A1	969.63	0.0003	0.04	0.01	0.01	0.42	0.0030	0.92	0.04	0.02	0.02	0.0031	0.00	0.51	0.50	0.06	0.0028	0.0024	807.57	12.30			
A2	377.81	0.0002	0.22	0.91	1.23	2.88	0.0014	8.32	0.32	0.87	1.22	0.0011	1.10	1.13	2.51	1.98	0.0011	0.0009	334.21	4.90			
A3	377.81	0.0005	0.26	0.92	1.24	3.30	0.0044	9.25	0.36	0.89	1.23	0.0042	1.10	1.64	3.00	2.03	0.0039	0.0033	1141.78	17.20			
S21	484.81	0.0001	0.02	0.00	0.01	0.21	0.0015	0.46	0.02	0.01	0.01	0.0016	0.00	0.26	0.25	0.03	0.0014	0.0012	403.79	6.15			
S22	41.98	0.0000	0.02	0.10	0.14	0.32	0.0002	0.92	0.04	0.10	0.14	0.0001	0.12	0.13	0.28	0.22	0.0001	0.0001	37.13	0.54			
S2T	122.49	0.0000	0.02	0.08	0.11	0.30	0.0004	0.84	0.03	0.08	0.11	0.0004	0.10	0.15	0.27	0.18	0.0004	0.0003	103.80	1.56			
SI	22.02	0.0118	0.14	0.07	0.08	0.46	0.0386	0.68	0.14	0.09	0.09	0.0396	0.03	0.51	0.50	0.17	0.0372	0.0347	20.09	2.48			
S2	6.48	0.0048	0.16	0.32	0.37	0.57	0.0126	0.96	0.19	0.31	0.37	0.0109	0.35	0.35	0.53	0.47	0.0111	0.0101	6.09	0.74			
ST	11.07	0.0067	0.15	0.29	0.34	0.55	0.0200	0.92	0.18	0.28	0.33	0.0196	0.32	0.39	0.52	0.43	0.0188	0.0174	10.19	1.25			
CV1	11.68	1.05	10.19	1.09	0.99	9.60	8.14	5.55	10.33	1.45	1.12	8.66	1.57	7.38	5.59	5.36	8.75	8.85	10.20	3.46			
CV2	3.44	0.43	11.63	4.93	4.78	11.80	2.66	7.86	13.74	4.82	4.75	2.39	15.73	5.18	5.92	14.95	2.60	2.57	3.09	1.03			
CVT	5.87	0.59	11.38	4.49	4.35	11.44	4.22	7.49	13.18	4.40	4.32	4.28	14.25	5.64	5.86	13.71	4.41	4.43	5.17	1.74			
Q±	27.46	0.0147	0.17	0.09	0.10	0.57	0.0481	0.85	0.18	0.12	0.11	0.0494	0.04	0.63	0.62	0.21	0.0464	0.0432	25.06	3.09			
P±	14.57	1.3048	12.70	1.36	1.24	11.98	10.15	6.93	12.89	1.81	1.39	10.7962	1.96	9.20	6.97	6.68	10.91	11.03	12.72	4.32			

Fuente: (Elaboración propia, 2018)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL CIPRES SP.

5.1 PESO ESPECÍFICO

- Según su peso específico básico promedio es de $0,39 \text{ gr/cm}^3$, que es un indicador de calidad de la madera, se clasifica como una madera **Liviana**.
- De acuerdo al peso específico ajustada al 12% de contenido de Humedad de $0,46 \text{ gr/cm}^3$, se clasifica como **Bajo**.
- El peso específico anhidro de $0,43 \text{ gr/cm}^3$, se clasifica como una madera **Liviana**.

5.2 CONTRACCIÓN

- Según el valor que presenta la contracción volumétrica de 8,92 %, se clasifica como madera **Bajo**.

5.3 TAZA DE ESTABILIDAD

Por la tasa de estabilidad promedio de 3,1 la madera se clasifica como una madera **Muy inestable**.

Los resultados promedios obtenidos para las propiedades físicas de la madera del Cipres (*Cupresus sp*) indican que es una especie de madera liviana de acuerdo a la Clave de Clasificación de Maderas.

5.4 POROSIDAD

Los resultados promedios obtenidos de las propiedades físicas de la madera Cipres (*Cupresus sp*) indican que esta especie según su porosidad presenta un textura media.

5.5 RECOMENDACIONES

Según los resultados obtenidos en el presente estudio y aplicando la clasificación de (Hannes Hoheisel 1,972) se recomienda los posibles usos:

La determinación de los posibles usos de la madera del Cipres (*Cupresus sp.*) según las propiedades físicas, están sujetos a los valores obtenidos en los diferentes ensayos, los mismos que permitieron hacer las siguientes recomendaciones.

- Recomendar el uso adecuado de la madera del Cipres (*Cupresus sp*) Se utiliza para embalaje, encofrados, material aislante, chapas de corte rotatorio, revestimientos de interiores de muebles.
- La realización de estudios tecnológicos complementarios como propiedades mecánicas, trabajabilidad, uniones estructurales, secado, preservación e impregnación.
- Realizar una coordinación con las diferentes instituciones afines, para lograr una planificación a nivel regional y nacional para llevar adelante más investigaciones.
- Recomendar a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho” socialice y publique los resultados del estudio tecnológicos a las empresas madereras, aserraderos, carpinterías y empresas constructoras y a la sociedad en general.

