

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Los recursos forestales maderables de Bolivia, son catalogados como no coníferas, y son consideradas internacionalmente como maderas preciosas de bosques tropicales. Existen más de 200 especies, sin embargo, actualmente se posee información técnica de 134 especies maderables.

La presión de la industria maderera sobre los bosques se ha volcado principalmente a la extracción de cinco especies: mara, cedro, ochoo, palo maría y el roble, cuya extracción ha representado durante las últimas décadas el 60% de la madera extraída, dando lugar a un aprovechamiento selectivo que ha subutilizado el potencial global de los bosques y ha empobrecido muchas zonas boscosas del país. Sin embargo, en los últimos años se ha observado una reducción en la concentración de especies aprovechadas, En 1995, las 5 principales especies representaban 56% del total explotado, el 43% en 1999, y el 26% en 2003, lo cual, refleja la disminución del aprovechamiento selectivo y la ampliación del aprovechamiento de especies alternativas como el tajibo, bibosi, sujo, yesquero blanco, soto, almendrillo, curupaú y otras. (Malki Harb, Alfonzo 2004).

La utilidad de la madera es muy extensa a pesar de su sustitución por otros materiales aun así sigue siendo un material muy utilizado en proyectos de construcción fabricación de muebles y decoración estéticamente tiene sus ventajas por el valor de su vetado característico que presenta cada especie que la hace adecuada para cualquier tipo de ambiente.

La trabajabilidad de la madera es un aspecto muy importante por su alta relación con el uso de la madera para la elaboración de productos de valor agregado que utilizan madera sólida. Una buena trabajabilidad favorecerá un mayor uso de las maderas en diversos campos de utilización.

Conocer su comportamiento de la madera en las operaciones de maquinado supone una optimización y especialización en el uso de la madera ampliándose enormemente el ámbito de su utilización.

Por esto la investigación de la trabajabilidad de la madera es importante para poder incluir nuevas especies y sustituir a otras especies que son ya escasas en los bosques nativos, así facilitar materia prima a diferentes industrias que se encargan de darle un valor agregado a la madera, así mismo, reducir la explotación de especies que se encuentran escasas y al borde de la extinción.

El presente trabajo puede contribuir al mejor conocimiento de la madera de la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner), con la finalidad de proveer bases técnicas que permitan la incorporación de nuevas especies forestales a la industria maderera. De esta forma ofrecer un nuevo producto e introducir al mercado de la madera.

## **1.2 Justificación**

La madera del blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) no es muy conocida en nuestro medio, siendo así que en la comunidad de Campo Largo no es muy utilizada, excepto para vigas y listones, debido a su poco conocimiento de esta especie, y que la misma presentaba fuste de altura aceptable por lo que es importante estudiar su trabajabilidad.

La gran demanda de productos maderables y la continua disminución de especies forestales de valor comercial en nuestro país, están obligando a buscar nuevas especies maderables aptas para su transformación que puedan cubrir esta demanda del mercado maderero.

Actualmente en el mercado nacional no se encuentra esta especie de madera para su utilización en la carpintería y en la industria maderera nacional. Por consiguiente estudios de trabajabilidad son muy necesarios para analizar el comportamiento de esta especie forestal maderable al ser sometidas al trabajo de las diferentes máquinas de carpintería.

Bajo la premisa de diversificar la oferta maderable en la industria maderera y carpintería en general en el mercado, es necesario investigar y socializar los resultados de dicha especie sobre su trabajabilidad como nueva especie. pretendiendo buscar un sustituto para las maderas valiosas, adecuando las normas establecidas para la trabajabilidad de la madera en lo que se refiere en las operaciones principales de cepillado, moldurado, taladrado, lijado y torneado.

### **1.3 Hipótesis**

El blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) es una especie maderable útil por sus características en diámetro y altura, y presenta propiedades aceptables de trabajabilidad en operaciones de maquinado.

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

- Determinar las propiedades de trabajabilidad de la madera blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) en operaciones de maquinado para un mejor aprovechamiento de esta especie, proveniente de la comunidad de Campo Largo.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar el comportamiento al maquinado de la madera blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) mediante ensayos de cepillado, moldurado, torneado, lijado y taladrado empleando la norma (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales
- Clasificar la madera de acuerdo a su grado de calidad de maquinado de la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) referida a grados de defectos de acuerdo a patrones obtenidos de las normas (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales.

- Identificar los usos y aplicaciones de la madera blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) para su aplicación en la producción de muebles y otros.

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1 La Madera**

La madera como recurso renovable de amplia distribución en diversas latitudes y condiciones climáticas, ha sido utilizada por el hombre desde tiempos inmemoriales por las múltiples ventajas ofrecidas, que la hacen única entre todos los materiales que se conocen, ya que además es un material perecedero, pero su vida útil puede ser prolongada considerablemente aplicando las técnicas de un manejo adecuado. (*Villegas, 2001*) citado por Vargas Saúl (2016)

#### **2.2 Partes del Tronco**

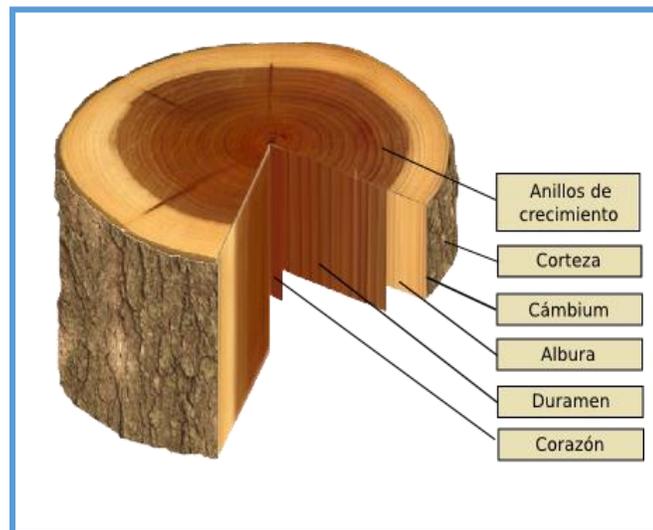
(*Según León, W. 2001*); las partes del tronco son:

##### **2.2.1 Corteza**

Término utilizado para referirse a todos los tejidos que se encuentran hacia el lado externo del cambium vascular.

##### **2.2.2 Cambium Vascular**

Es un meristema lateral presente en las plantas vasculares y el cual produce xilema secundario y el floema secundario. Es el responsable del crecimiento en grosor o crecimiento secundario en las cuales se presenta.

**FIGURA N° 1: PARTES DEL TRONCO**

Fuente: Martínez, I. & Vignote, S. 2006

### **2.2.3 Médula**

Representa el corazón de muchos tallos. En su mayor parte se compone de células parenquimatosas que almacenan productos nutritivos como el almidón.

### **2.2.4 Anillos de Crecimiento**

Son capas concéntricas que representan la cantidad de madera producida por el cambium vascular cuando se presentan condiciones favorables para el crecimiento.

### **2.2.4 Duramen y Albura**

La parte del xilema en la cual algunas células aún están vivas y en consecuencia fisiológicamente activas se conoce con el nombre de albura. Pasado cierto tiempo, durante el cual el protoplasma de las células del xilema muere, este tejido se transforma en otro llamado duramen. En la albura, debido a la presencia de células vivas, se almacenan sustancias de reserva. De igual manera, la conducción de agua sólo se limita a la albura. El duramen cumple la función de soporte o resistencia del tronco.

## 2.3 Planos de Corte de la Madera

Debido a que los elementos constituyentes del leño se encuentran orientados y organizados en forma diferente según diversas direcciones consideradas, el aspecto de la madera cambia conforme el plano de corte en que es vista. (Vargas, J. 1987). Los cortes en un tronco pueden ser de tres tipos puros (ver Fig.2) y un corte intermedio como es el corte tangencial-radial (oblicuo):

### 2.3.1 Corte Transversal

Dirección perpendicular al eje del tronco, se produce, por ejemplo, al voltear un árbol o seccionar un tronco.

### 2.3.2 Corte Tangencial

Cuando se realiza tangencialmente a los anillos de crecimiento del árbol. Es el corte en el que mejor se aprecia el veteado o figura de la madera.

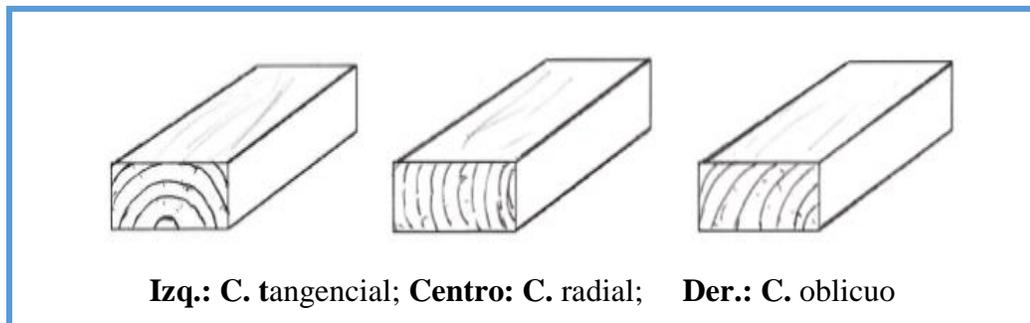
### 2.3.3 Corte Radial

Cuando tiene dirección paralela a los radios. Es el corte más estable de la madera ante cambios de humedad del material.

### 2.3.4 Corte Oblicuo

Cuando se realiza de manera intermedia entre el corte tangencial y el corte radial. (Viscarra, 1998).

**FIGURA N° 2: PLANOS DE CORTE DE LA MADERA**



Fuente: Vargas, J. 1987

## **2.4 Comportamiento de la Madera**

El comportamiento higroscópico de la madera es uno de los temas de estudio que pueden ser considerados como indispensables para una buena utilización del recurso forestal en la fabricación de distintas manufacturas independientemente de que sean para un uso en interiores o exteriores, es necesario determinar el efecto de las condiciones climáticas sobre el cambio de humedad y de forma de la madera, y con ello inferir los fenómenos que pueden ocurrir ante un eventual y siempre probable cambio de humedad. Por lo regular el comportamiento higroscópico de la madera es deducido en función de la determinación del hinchamiento y/o contracción máxima de la madera y de su anisotropía (Honorato, S. y Fuentes, E. 2001).

El mismo autor señala que la madera se ha usado a través de los siglos para un amplio rango de propósitos en los cuales la resistencia es un factor de importancia crítica, como resultado de las pruebas de ensayo y error realizadas durante mucho tiempo, se han asociado ciertas maderas con cualidades y usos específicos, atribuyéndoles estándares tradicionales de resistencia y durabilidad. Sin embargo, es preciso llevar a cabo pruebas adecuadas para saber qué tan resistente es la madera para darle el uso correcto.

### **2.4.1 Contenido de Humedad**

El contenido de humedad influye en la capacidad mecánica de la madera, menor contenido de humedad, bajo el punto de saturación de las fibras (PSF), en general, aumenta la capacidad mecánica que determina un incremento de la resistencia de la madera, tanto en flexión estática, compresión paralela y compresión perpendicular. A partir del punto de saturación de la fibra, un aumento en el contenido de humedad no tendrá ninguna incidencia sobre la resistencia de la madera.

La humedad de la madera influye en la resistencia mecánica, su aptitud para el maquinado, poder calorífico, resistencia al ataque de hongos, impregnación, peso, y sobre todo, en los cambios dimensionales que sufre la madera a consecuencia precisamente de su variación. El contenido de humedad es la cantidad de agua que existe en una pieza de madera expresada como un porcentaje del peso de ésta en

condición totalmente seca. Así mismo, está directamente relacionado con las propiedades de resistencia de la madera (Honorato, S. y Fuentes, E. 2001).

#### **2.4.2 Dureza**

Según Olay Stalin Meneses Tirira, (1965) con respecto a la dureza indica que depende casi siempre de la cohesión de las fibras y de su estructura y consiste en la mayor o menor dificultad puesta por la madera a la penetración de otros cuerpos.

El mismo autor dice que las maderas fibrosas son las más duras, la dureza varía según la clase de árbol, aún en el mismo tronco. El árbol es más duro en su interior (duramen) y más blando en su exterior (albura). La dureza cambia con el secado: las maderas verdes son más blandas.

### **2.5 Secado de la Madera**

El secado es un paso muy importante dentro del proceso de manufactura de la madera. Debe evitarse una distribución de humedad y temperatura no uniforme en el material que se refleja en muchas ocasiones en la generación de defectos de secado En el secado de madera. Existen tres métodos de secado de madera, los cuales son (Junac1989).

- Secado al aire libre (secado natural).
- Secado en hornos o cámaras.
- Secado al aire hasta cerca del punto de saturación de las fibras y complementando con el secado en horno.

#### **2.5.1 Métodos de Secado**

##### **2.5.1.2 Secado al Aire Libre**

El secado natural o al aire libre consiste en exponer la madera a la acción de los factores climáticos de un lugar. Estos factores son la temperatura, la humedad relativa de la atmósfera y el aire que, en permanente movimiento, sirve de agente para establecer un equilibrio higroscópico entre el medio ambiente y la madera.

### **2.5.1.3 Secado en Cámara**

La madera se expone a condiciones de temperatura y humedad relativa que pueden ser controladas. Se realiza en una cámara o compartimiento cerrado, con un sistema de calefacción que permite elevar la temperatura y dispositivos de regulación, para la variación de la humedad relativa. El aire es forzado por medio de ventiladores, en donde debe circular por las pilas de madera. Las condiciones que se aplican para cada etapa del secado están definidas por el programa, el que se establece según las características de la madera, calidad de secado, disponibilidad de recursos.

### **2.5.1.4 Circulación del Aire**

La circulación del aire es otro de los elementos de control de la velocidad de evaporación del agua durante el proceso de secado de la madera. La ventilación o circulación del aire fresco a través de una pila de madera y la expulsión de la humedad, son condiciones necesarias para asegurar la remoción del exceso de humedad dentro de un horno y así mantener las condiciones de humedad relativa deseada. La velocidad del aire dentro de una pila tiene como funciones principales, transmitir la energía requerida para calentar el agua contenida en la madera facilitando así su evaporación y, transportar la humedad saliente de la madera. (JUNAC, 1989).

### **2.5.1.5 Apilamiento**

Consiste en formar pisos horizontales con las tablas que se van a secar, colocadas una al lado de la otra. Dichos pisos se separan verticalmente con listones (separadores) hasta constituir una pila de la altura y ancho deseados. La longitud de apilado está dada por el largo de las piezas que lo forman. La madera aserrada dispuesta en esta forma queda casi totalmente expuesta a la acción del viento. En este apilado el aire circula horizontalmente a través de los espacios que los separadores dejan entre piso y piso.

### **2.5.1.6 Importancia del Secado de la Madera**

El principal objetivo al secar la madera, cualquiera que sea el procedimiento para lograrlo, es remover o eliminar el exceso de humedad que posee, para mejorar sus

condiciones de uso. El contenido de humedad (expresado como un porcentaje del peso de la madera seca) por remover dependerá de la cantidad de agua que contenga al principio del secado y del uso al que se destinará.

El secado eficaz de madera puede definirse como el proceso de eliminación del exceso de agua que contiene la madera, mediante la aplicación de técnicas apropiadas que minimicen los defectos causados por la pérdida de humedad, en tiempos cortos y con costos mínimos.

#### **2.5.2.1 Factores climáticos que influyen en el Secado de la Madera**

En el secado a la intemperie, el aire es el agente secante. Su temperatura, su humedad y su velocidad son los elementos determinantes del proceso de secado, actuando de la siguiente forma. (JUNAC, 1989).

#### **2.5.2.2 Temperatura**

Es un factor de aceleración de la evaporación. Cuanto más elevada es la temperatura más intensa será la evaporación, puesto que el aire podrá suministrar más calor y absorber más humedad.

#### **2.5.2.3 Humedad del Aire**

La humedad relativa del aire influye o afecta directamente la humedad de la madera. Si la humedad relativa aumenta, entonces aumenta la humedad de la madera e inversamente, la humedad de la madera disminuye cuando la humedad relativa del aire disminuye.

#### **2.5.2.4 Velocidad del Aire**

La circulación del aire es otro de los elementos de control de la velocidad de evaporación del agua durante el proceso de secado de la madera. La ventilación o circulación del aire fresco a través del apilado de madera y la expulsión de la humedad, son condiciones necesarias para asegurar la remoción del exceso de humedad y así mantener las condiciones de humedad relativa deseada.

### **2.5.2.5 Factores relativos a la Madera**

#### **2.5.2.6 Especie**

La especie es el factor que tiene más influencia sobre los tiempos de secado. Existen diferencias importantes entre una conífera (pino, abeto, etc.), y una frondosa dura (roble).

#### **2.5.2.7 Grosor**

El grosor de la pieza a secar juega también un papel importante. Al ser la temperatura durante el secado natural relativamente baja, el agua circula lentamente desde el corazón hacia el exterior, por lo que cuanto más gruesa es la pieza de madera mayores dificultades encontrará el agua para alcanzar la superficie.

### **2.5.3 Defectos de la Madera**

Según (Calderón, A.D. 1992) La madera está sujeta a variaciones en su calidad debido a una serie de factores, los cuales se manifiestan como irregularidades o imperfecciones que al afectar sus propiedades físicas, mecánicas o químicas, determinan limitaciones en las aplicaciones posibles de aquel material. Esas irregularidades o imperfecciones, denominadas defectos, pueden ser de distinta índole, atendiendo al origen que las motivó

- De estructura o naturales, los que se han producido durante la vida del árbol.
- De manipulación o por agentes externos, que se producen luego del apeo de los árboles.

#### **2.5.3.1 Defectos de Estructura**

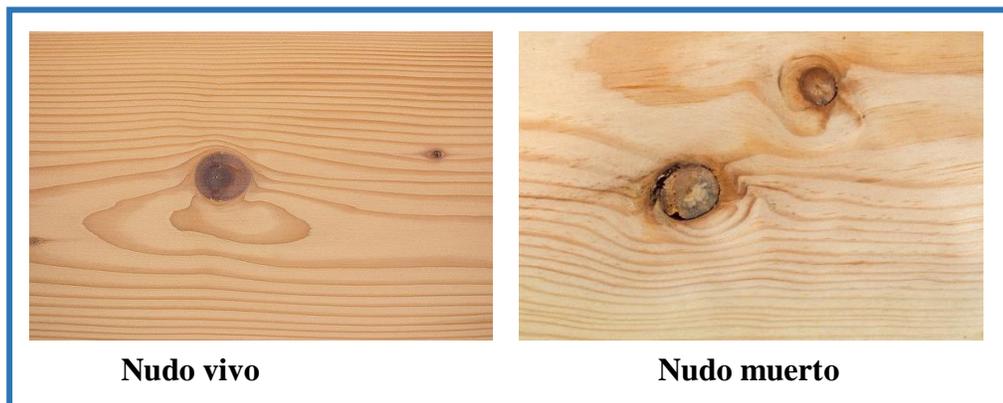
Son los que se originan por anomalías de los tejidos leñosos, que ocurren durante la vida del árbol y como consecuencia de caracteres hereditarios, heridas y viento, entre otros motivos. A continuación se describen los más importantes.

### 2.5.3.1.1 Nudos

Es uno de los defectos más comunes; se originan en restos de ramas que quedaron incluidas en la madera durante el crecimiento en diámetro del árbol. De acuerdo a la rama que le dio origen (verde o seca al momento del apeo), los nudos se clasifican en nudos vivos y nudos muertos. Los primeros provienen de ramas verdes cuyos tejidos han quedado íntimamente soldados a los de la madera circundante; los nudos muertos, en cambio, provienen de ramas que estaban secas al ser apeado el árbol y sus tejidos quedan separados de la madera adyacente. En el primer caso los nudos permanecen en la pieza de madera, mientras que en el segundo, pueden desprenderse (al no estar ligados al resto de la madera), dejando un agujero en la pieza.

Los nudos afectan las propiedades de resistencia mecánica, sobre todo a la flexión, en relación con el tamaño y la ubicación en la pieza de madera; generalmente los nudos vienen acompañados por depósitos de resina u otras exudaciones, que ocasionan problemas en el terminado de la madera (cepillado, pintura).

**FIGURA N° 3: NUDOS EN LA MADERA**



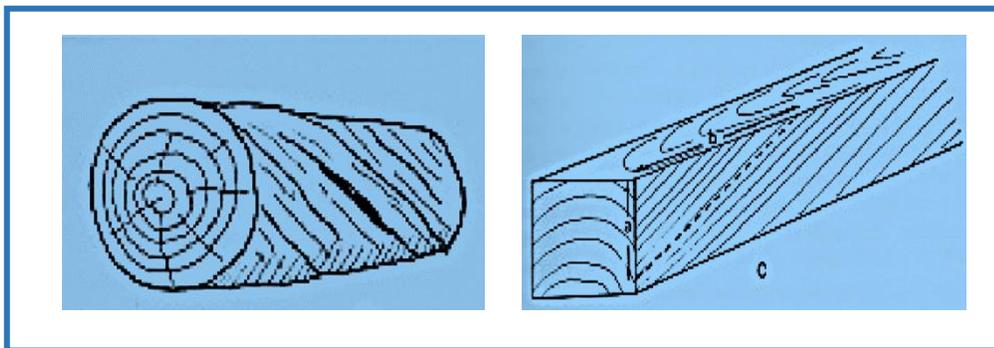
### 2.5.3.1.2 Grano Espiralado

Este defecto consiste en la desviación de los elementos longitudinales del leño con respecto al eje longitudinal de un rollo o de una pieza aserrada; en esta última, esa desviación puede deberse al tipo de aserrado que se realiza generalmente, que es

paralelo a la médula. Constituye un defecto importante para algunos usos de la madera, reduciendo sensiblemente las propiedades de resistencia mecánica y dificultando, además, su trabajabilidad.

La causa de este defecto no se ha esclarecido totalmente, aunque algunos investigadores consideran que es un carácter hereditario. En general se reconoce que el grano espiralado se presenta con mayor intensidad en la madera próxima a la médula, disminuyendo en los anillos de crecimiento formados lejos de aquélla; cabe anotar también que las piezas aserradas mediante cortes tangenciales se comportan mejor que las radiales, respecto a la presencia de este tipo de defecto, que es muy frecuente en árboles de eucalipto blanco (*Eucalyptus globulus*).

**FIGURA N° 4: GRANO ESPIRALADO EN LA MADERA**



### 2.5.3.2 Defectos de manipulación o por Agentes Externos

Se originan durante la manipulación de la madera apeada, con consecuencia de la pérdida de humedad, o son provocados por ataques de hongos o de insectos o de otros organismos xilófagos. Los más importantes son detallados a continuación.

#### 2.5.3.2.1 Colapso

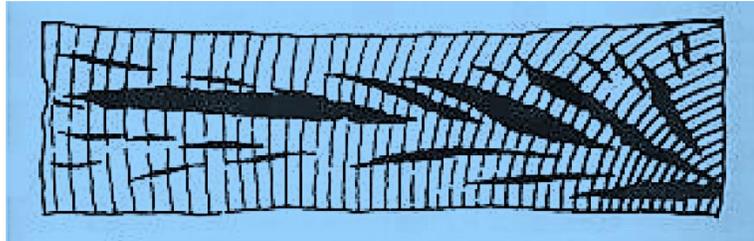
Se puede definir como la reducción de las dimensiones en una pieza de madera que tiene lugar durante el proceso de secado antes de que éste llegue al punto de saturación de las fibras; se manifiesta a través del corrugado de la superficie, a raíz del

aplastamiento de los tejidos leñosos, a veces se presentan grietas internas, de forma lenticular en corte transversal.

El colapso aparece en algunas maderas cuando son secadas lentamente en horno a temperaturas o humedades demasiado altas; también aparece en algunas maderas cuando se las expone a un secado rápido a la intemperie. La manifestación del colapso característico aparece con mayor intensidad en caras de corte radial que en las de corte tangencial.

Este defecto ocasiona una importante pérdida de madera por el cepillado que es necesario practicar si se aspira a conseguir caras planas en las piezas; además se ha constatado reducción de las propiedades de resistencia mecánica. Eucalipto blanco y coihue, son ejemplos frecuentes de maderas que presentan colapso.

**FIGURA N° 5: COLAPSO EN UNA PIEZA DE MADERA**

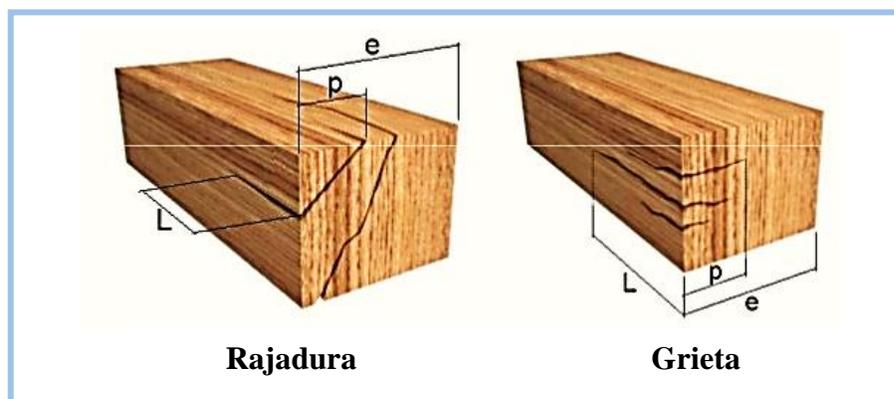


#### **2.5.3.2.2 Grietas y Rajaduras**

En estos defectos se produce separación de los elementos leñosos con una intensidad muy variable. Debido a la confusión que existe normalmente sobre el uso de estos términos, se darán las siguientes definiciones: Se llama grieta a una separación de los elementos leñosos cuyo desarrollo no alcanza a afectar dos superficies opuestas o adyacentes en una pieza; Se llama rajadura a una separación de los elementos leñosos cuyo desarrollo afecta dos superficies opuestas o adyacentes de una pieza.

Estos defectos aparecen una vez apeados los árboles y pueden tener diversos orígenes el impacto del árbol en el corte, la liberación de tensiones de crecimiento, la manifestación de tensiones de secado y la contracción normal de la madera al perder Humedad. Cualquiera sea la causa, grietas y rajaduras constituyen defectos que perjudican el normal aprovechamiento de la madera maciza y limitan sus posibilidades de uso a raíz de la reducción que provocan en las propiedades de resistencia mecánica, fundamentalmente en la resistencia del corte.

**FIGURA N° 6: GRIETAS Y RAJADURAS DE LA MADERA**



#### 2.5.3.2.3 Alabeos

Son deformaciones que puede experimentar una pieza de madera por la curvatura de sus ejes longitudinal o transversal (o ambos a la vez), como consecuencia de la pérdida de humedad. Se distinguen cuatro tipos de alabeos:

#### 2.5.3.2.4 Abarquillado

Es el alabeo de las caras de una pieza aserrada caracterizado por la curvatura de su eje transversal. Se produce abarquillamiento cuando una de las caras seca más rápidamente que la opuesta, lo que puede ocurrir cuando una de las caras está expuesta a la sombra y la opuesta al sol, o porque una de ellas está en contacto con otro objeto mientras la opuesta queda expuesta al aire. Con la madera en uso, el abarquillado puede presentarse cuando una cara está barnizada y la otra no. A veces sucede que una cara es de corte tangencial mientras la otra tiende a ser radial, con lo que ambas contraerán en forma distinta, pudiendo manifestarse abarquillado; éste será tanto más intenso cuanto mayor

sea la relación contracción tangencial/contracción radial. Este defecto no se presentará en piezas cuyas dos caras sean de corte radial y la forma de evitarlo es emplear sistemáticamente correctos métodos de secado.

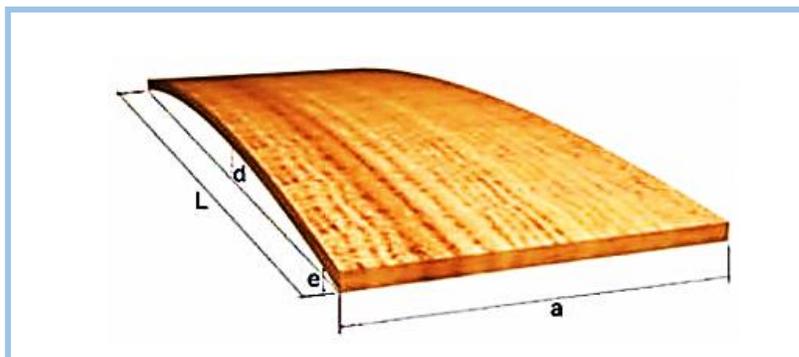
**FIGURA N° 7: ABARQUILLADO DE LA MADERA**



#### 2.5.3.2.5 Combado

Es el alabeo de las caras de una pieza aserrada caracterizada por la curvatura de su eje longitudinal. Se presenta como consecuencia de una excesiva contracción longitudinal en piezas que contengan madera de corazón juvenil o madera de reacción. A veces se presenta por el incorrecto encastillado de la madera; el uso de separadores demasiado distantes entre sí y la ausencia de pesos sobre las cabezas de las piezas, pueden ser motivos para la aparición de combado.

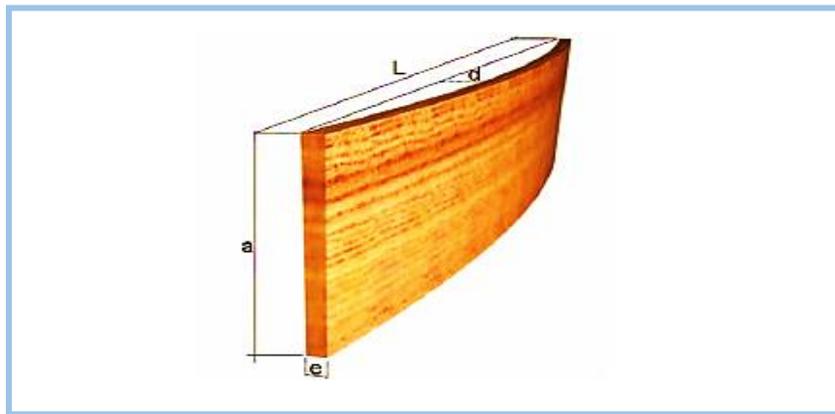
**FIGURA N° 8: COMBADO DE LA MADERA**



### 2.5.3.2.6 Encorvadura

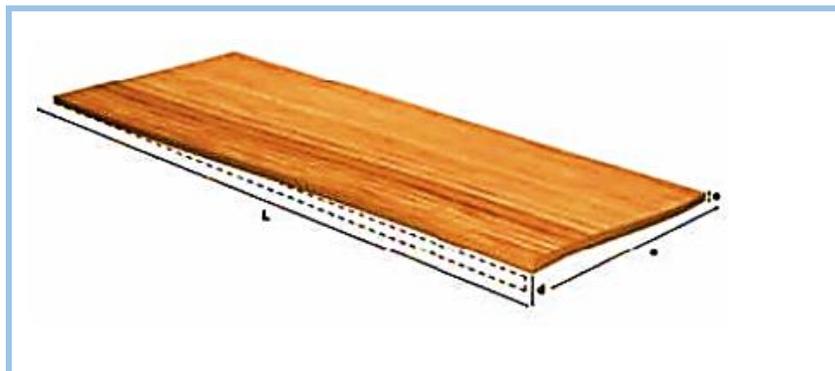
En este tipo de alabeo el eje longitudinal de una pieza aserrada se curva, pero a consecuencia de haber experimentado torsión en los cantos. Este defecto se puede observar en piezas extraídas del centro del rollo, a raíz de la liberación de las Tensiones de crecimiento cuando éste es aserrado; también se menciona como causa una excesiva contracción longitudinal, aunque es más fácil que ésta provoque combado. La encorvadura es uno de los defectos más graves, puesto que no es posible reducir su intensidad una vez que se ha hecho presente.

**FIGURA N° 9: ENCORVADURA DE LA MADERA**



### 2.5.3.2.7 Torcedura o Revirado

Es el alabeo simultáneo de las caras de una pieza escuadrada en las direcciones longitudinal y transversal, lo que da como resultado un retorcimiento de la madera a manera de tirabuzón. Generalmente, la torcedura se manifiesta en madera con grano espiralado o entrecruzado, aunque también puede presentarse en piezas con grano recto como consecuencia de un secado desparejo o por tensiones de crecimiento. Este defecto puede evitarse con una colocación adecuada de pesos sobre los castillos de secado.

**FIGURA N° 10: TORCEDURA DE LA MADERA**

## 2.6 Características de la Especie en Estudio

**CUADRO N° 1: DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE BLANQUILLO**

<b>Reino:</b>	Vegetal
<b>Ohylum:</b>	Telemophytae
<b>Division:</b>	Tracheophytae
<b>Subdivisión:</b>	Anthophyta
<b>Clase:</b>	Angiospermae
<b>Subclase:</b>	Dicotyledoneae
<b>Grado Evolutivo:</b>	Archchlamydeae
<b>Grupo de Ordenes:</b>	Petaloideanos
<b>Orden:</b>	Poligonales
<b>Familia:</b>	Polygonaceae
<b>Nombre científico:</b>	<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meissner
<b>Nombre común:</b>	Blanquillo-viraru

### 2.6.1 Descripción Dendrológica

Según (Gimenez y Moglia 2000).

### 2.6.2 Morfología

Porte: árbol inerme dioico, copa acrótona con Fuste sinuoso, con aletones en la base del tronco en ejemplares adulto y Altura de 8-15 m, excepcionalmente hasta 20 m. con diámetro altura al pecho de 30-80 cm. Su Sistema de ramificaciones es simpódica, copa

alargada y aplanada, con ramas principales ascendentes, largas y tortuosas y Dirección de crecimiento de las ramas epítoma y presenta una Corteza delgada, grisáceo oscura con grietas longitudinales. La corteza interna es de color anaranjado y luego amarillento.

**FIGURA N° 11: CORTEZA DE LA ESPECIE BLANQUILLO**



Fuente: (Gimenez y Moglia 2000)

### **2.6.3 Hojas**

Son hojas alternas, simples, glabras, limbo ovado-lanceolado de 3-7 cm de largo por 1,53 cm de ancho, acuminado en el ápice, generalmente atenuado en la base, bordes enteros, cara superior más bien lucida de color verde más oscuro que la inferior, peciolo breve de 3-5 mm de largo.

**FIGURA N° 12: HOJAS DE LA ESPECIE BLANQUILLO**

Fuente: (Gimenez y Moglia 2000)

**2.6.4 Flores**

Presenta inflorescencias en racimos de 3-9 cm de largo, raquis y pedicelos glabros y articulados de 2 mm de largo en flores masculinas, algo más largo en femeninas, cada uno con su ocrea en la base. Flor masculina blanco verdosa de 4 mm de diámetro, perianto con 6 tépalos casi libres, subyúgales, 3 externos y 3 internos, oblongo lanceolados de 2 mm de largo por 1 mm de ancho, ápice obtuso, bordes ciliolados. Flores femeninas rojizas-amarillentas con 3 sépalos glabros, casi libres, espatulados o lineal-lanceolados de 3-4 mm de largo por 1 mm de ancho, con 3 pétalos, libres, lineales, mucho más pequeño que los sépalos.

**2.6.5 Frutos**

Fruto aquenio elipsoideo-trígono de 8 mm de largo por 4 mm de ancho, con las ramas estigmáticas persistentes en el ápice, envuelto por los tres pétalos que en la madurez se han agrandado notablemente haciéndose rojos, espatulados de 2,5 cm de largo por 0,6 cm de ancho, también envuelto por los pétalos que aumentaron algo su tamaño. Semilla oblongo-trígona de 6 mm de largo por 3 mm de ancho.

### FIGURA N° 13: FLOR Y FRUTO DE LA ESPECIE BLANQUILLO



Fuente: (Gimenez y Moglia 2000)

#### 2.6.6 Madera

Color albura amarillenta, duramen pardo oscuro a castaño ocráceo con Veteado espigado plumoso suave con una densidad básica (gr/cm<sup>3</sup>) 0.57 clasificada por su Dureza: semidura Peso: semipesada.

#### 2.6.7 Fenología: árbol caducifolio.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
									Flor	Flor	Fruto

#### 2.6.8 Distribución

En Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay. En Argentina se encuentra en las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Formosa, Chaco, Misiones, Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe. En Yungas se distribuye en los sectores geográficos norte, centro y sur, en los pisos ecológicos de la Selva Pedemontana y Selva Montana.

Fuente: (Gimenez y Moglia 2000).

## **2.7 Factores que afectan el Corte de la Madera**

Según Ninin, S.L. (1984), existen dos factores que afectan la resistencia de la madera al corte, los cuales se describen a continuación.

### **2.7.1 Factores inherentes a la Madera**

#### **2.7.1.1 Especie**

Las especies difieren entre si fundamentalmente en sus características anatómica y su composición química.

#### **2.7.1.2 Contenido de Humedad**

La resistencia de la madera baja a medida que aumenta el contenido de humedad; esto es a partir del estado anhidro y hasta el punto de saturación de las fibras. Por encima del punto de saturación de las fibras la resistencia de la madera ya no baja cuando aumenta el contenido de humedad. Además, lo antes mencionado puede generar aumentos en el coeficiente de fricción madera acero, lo cual limita la formación del tipo de viruta.

#### **2.7.1.3 Temperatura de la Madera**

Las características de la madera bajan cuando es calentada. Este efecto es aumentado con madera verde y es menos significativo con madera seca. Cuando las temperaturas son reducidas por debajo del punto de congelación la tendencia persiste.

#### **2.7.1.4 Coeficiente de fricción en Corte**

El coeficiente de fricción entre la cara de corte de la herramienta y la viruta, influye en la distribución de las fuerzas y, por lo tanto, también sobre la formación de las virutas.

#### **2.7.1.5 Orientación del Grano**

La orientación del corte con respecto a los planos de la madera es de suma relevancia, pues se ha observado en muchos casos que puede existir una mayor diferencia de comportamiento y calidad, de superficies entre el plano tangencial y el plano radial, de una misma madera que entre varias especies.

## **2.7.2 Factores inherentes a las condiciones de Corte**

### **2.7.2.1 Ancho de Corte**

En corte ortogonal, si la herramienta es más ancha que la pieza de madera, los esfuerzos de corte son directamente proporcionales al ancho de corte.

### **2.7.2.2 Profundidad de Corte**

Este término es sinónimo de espesor de la viruta antes de su deformación.

### **2.7.2.3 Velocidad de Corte**

Con velocidad de corte elevada, la inercia de la viruta, causa un efecto de mayor rigidez de la estructura de la madera y contribuye a que se produzca un seccionamiento limpio.

### **2.7.2.4 Velocidad de Alimentación**

En la gran mayoría de los casos su relación con la velocidad de corte genera el espesor de viruta.

## **2.7.3 Factores inherentes a la Herramienta**

### **2.7.3.1 Ángulo de Corte**

Es el que determina la capacidad de corte de una herramienta. Los ángulos de cortes bajos o negativos exigen fuerzas de corte paralelas elevadas en la herramienta.

### **2.7.3.2 Ángulo de hierro**

Es aquel que genera la resistencia de la madera hacia el corte.

### **2.7.3.3 Ángulo libre**

Debe ser suficiente para garantizar el paso libre de la herramienta. La falta de este repercute en mayores exigencias energéticas y en defectos de las superficies.

### **2.7.3.4 Ángulo de deslizamiento**

Es cuando se coloca el filo oblicuamente con respecto a su dirección de movimiento.

### **2.7.3.5 Calidad de filo**

Las maderas tropicales presentan frecuentemente dificultades de procesamiento porque desgastan extraordinariamente las herramientas. El desgaste producido por efectos de la dureza de la madera ante la fragilidad de la herramienta se caracteriza por un proceso destructivo del filo, el cual empieza con el primer contacto con la madera.

## **2.8 Trabajabilidad de la Madera**

El maquinado de la madera (trabajabilidad) es una de las propiedades tecnológicas que influyen en la utilización o subutilización de las especies forestales maderables ya que determina la facilidad o dificultad de su procesamiento a ser sometidas a las máquinas y herramientas por lo que su conocimiento, permite observar la calidad superficial que se obtendrá de la madera una vez elaborada en un producto final (Serrano, J.R. 2000).

Según la Junta del Acuerdo de Cartagena JUNAC, del Pacto Andino, (1982). En su libro titulado: Factores que afectan la trabajabilidad de 105 maderas de los bosques tropicales, definen este concepto como trabajar una madera hasta convertirla en formas convenientes, y que con la ayuda de máquinas se lleva a cabo para dar forma y calidad a las superficies de materiales elaborados y semielaborados como por ejm: el lijado de tableros contrachapados, el cepillado de madera aserrada o el moldurado de madera aserrada.

Existen tres métodos para evaluar la calidad de la superficie de la madera que son: medida por la luz, medida por punzón (estilete); y, medida por observación visual. Los dos primeros métodos presentan las mejores condiciones, pero solamente aprecian un aspecto sobre el acabado o pulido de la superficie. El tercer método que habla sobre la observación se considera hasta ahora como el mejor método para apreciar todos los aspectos de la calidad de la superficie de una madera, todo este método se lo realiza de una manera cualitativa

### **2.8.1 Cepillado**

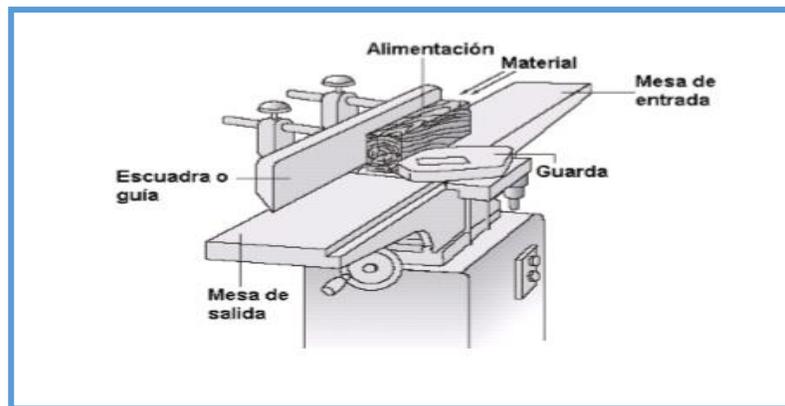
La acción de cepillado es una operación en la cual se genera una superficie plana y se elimina un exceso de la madera aserrada, por medio de la producción de virutas.

El cepillado es una de las operaciones más importantes en la mayoría de los productos que se elaboran tomando como materia prima la madera. Las maderas que al ser cepilladas presenten superficies de mala calidad tendrán poca aceptación, principalmente en productos donde la cara sea visible. Esto reduce de forma significativa la calidad estética del producto.

Cepillar o sacar una cara en limpio de la madera es un proceso básico en la transformación de ésta. Esta operación se realiza en una máquina llamada cepilladora. El desgaste del material se efectúa con cuchillas que son colocadas en un cabezal que gira mientras la madera es arrastrada en la mesa de cepillado mediante rodillos. (Serrano, R. & Sáenz, M. 2001)

### 2.8.1.1 Maquinaria

**FIGURA N° 14: MAQUINA CEPILLADORA**



Fuente: (Parish, J. 2001)

La máquina cepilladora tiene por objeto, obtener piezas de dimensiones exactas con un acabado lizo y suave, de superficies perfectamente planas, lo que se consigue con las cuchillas de acero rotatorias.

El principio de acción de cepillado es el siguiente: la máquina de cepillar trabaja con cuchillas rotativas que levantan una viruta corta. La madera a ser cepillada pasa desde la parte delantera de la mesa que le presta un apoyo firme, se acerca a las cuchillas que van arrancando todo lo que se pone al alcance del arco que describen.

En la práctica la mesa de salida tiene que estar enrasada con la arista superior de la superficie cilíndrica engendrada por la rotación de los filos de las cuchillas; la mesa de alimentación tiene que estar más baja que la otra siendo la diferencia de nivel igual al espesor de la viruta. (Heinrich, H. 1971)

### **2.8.1.2 Defectos de Cepillado**

Los defectos de cepillado son imperfecciones que se distinguen en la superficie de la madera después de su maquinado. Según su gravedad se califican de la siguiente manera.

#### **2.8.1.2.1 Principales factores que afectan la calidad superficial**

El defecto de grano arrancado es usualmente el más común y de mayor perjuicio para la calidad superficial en las maderas tropicales. Los aspectos principales que favorecen la producción de grano arrancado son: elevada inclinación del grano y especialmente en la cercanía de los nudos y ángulo de corte o de ataque.

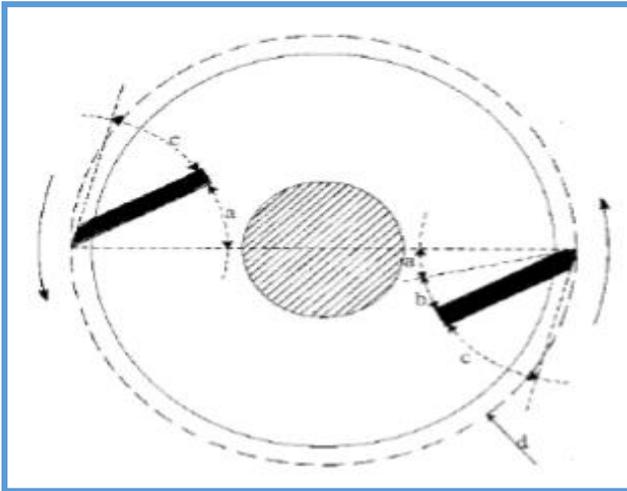
#### **2.8.1.2.2 Inclinación del Grano**

Una inclinación del grano elevado, como sucede con el grano entrecruzado, el grano ondulado y en cercanía de los nudos, es tremendamente perjudicial, por lo que un operario debe siempre procurar que la entrada de la madera a la máquina se dé a favor del grano. En el caso del grano ondulado y el de nudos no es posible orientar la entrada a favor del grano, por lo que debe solucionarse con una disminución de la velocidad de avance o cambio del ángulo de corte. (Martínez, J. & Martínez, E.1996).

#### **2.8.1.2.3 Ángulo de Corte**

Un ángulo de corte elevado en combinación con una fuerte inclinación del grano es crítico en la producción de una superficie con grano arrancado. En esta prueba la modificación del ángulo de corte se procedió al afilado del bisel, que van desde los 15 a 30°. Cabe destacar que una disminución del ángulo de corte por medio de un contrabisel (ángulo de bisel) fortalece el ángulo de hierro, o sea, que la punta de la cuchilla se hace más robusta, (Serrano, R. & Sáenz, M. 2001)

**FIGURA N° 15: NOMENCLATURA USADA EN CUCHILLAS DE CEPILLADORA**



a = Ángulo de corte

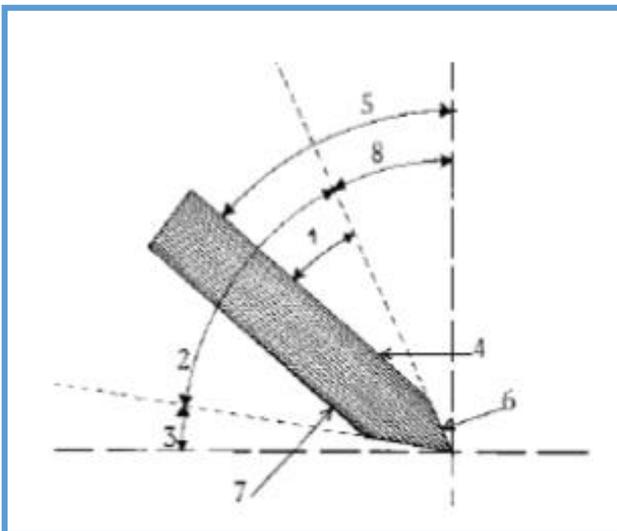
b = Ángulo de bisel

c = Ángulo hierro

d = Círculo cortante

Fuente: (Serrano, R. & Sáenz, M. 2001)

**FIGURA N° 16: ESQUEMA DE MODIFICACION DEL ÁNGULO DE CORTE POR MEDIO DEL BISEL**



1. Ángulo del bisel

2. Ángulo de hierro

3. Ángulo libre

4. Cara anterior

5. Ángulo de corte inicial

6. Bisel

7. Cara posterior

8. Ángulo de corte Nuevo

Fuente: (Serrano, R. & Sáenz, M. 2001)

### 2.8.2 Taladrado

El taladrado de la madera consiste en realizar una perforación de un diámetro deseado en la misma, con una gran variedad de máquinas que pueden ser de una o varias brocas

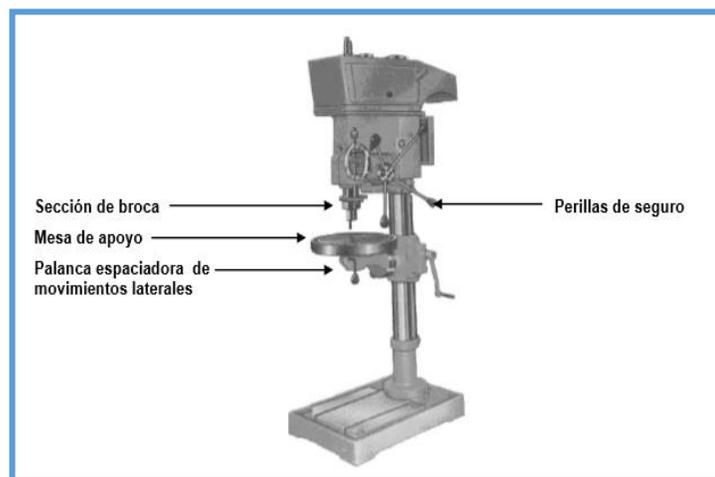
colocadas horizontal o verticalmente, donde la broca puede ser movida hacia la madera o la madera hacia la broca. Comúnmente se hace para colocar espigas, tornillos, pernos. Existen en general dos requisitos para llevar a cabo la operación de taladrado. El primero exige un alto grado de precisión, como es el caso del taladrado de huecos para tacos. El segundo tipo no necesita una gran precisión, sino una gran eficiencia de penetración, como es el caso de huecos para tornillos y pernos utilizados en obras estructurales. Es por esto que el tipo de broca por utilizar debe ser aquella que asegure, por un lado, la calidad y por otro, la eficiencia o rapidez de penetración. (Serrano, R. & Sáenz, M. 2001)

### 2.8.2.1 Maquinaria

#### 2.8.2.1.1 Escoplo – Taladro

El escoplo es utilizado para realizar perforaciones, utilizadas en la unión o introducción de espigas. Determinado el espesor, elegida la broca, regulada en la altura y profundidad, la pieza es ubicada en la mesa de apoyo, sujeta ésta con la prensa incluida, el mecanismo de perforación consiste en acercar frontalmente la pieza hacia el sector de la broca, realizada la perforación, se procede a realizar movimientos laterales para el afinado (Heinrich, H.1971)

**FIGURA N° 17: MAQUINA TALADRADORA DE COLUMNA**



Fuente: (Heinrich, H. 1971)

### 2.8.2.1.2 Brocas para Madera

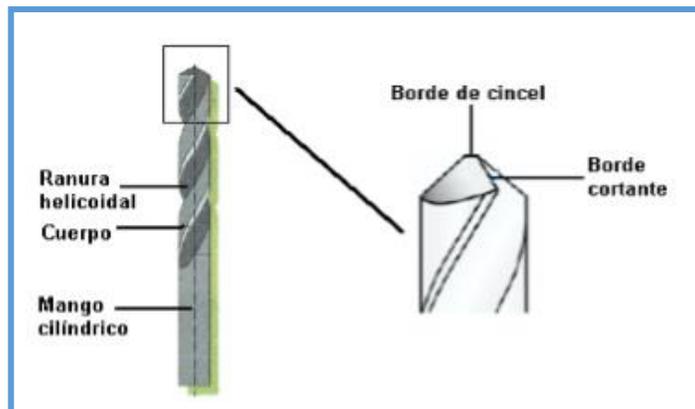
También llamadas brocas de tres puntas, es adecuada para producir huecos de excelente calidad, pero es muy delicada si se le piden rendimientos elevados debido a que es muy susceptible al desgaste (el cual influye sobre la calidad) y no es fácil de mantener en buen estado durante un tiempo prolongado. En esta broca la cabeza tiene tres alas, estas cortan primero que los filos, siendo la función de las alas dar al hueco una salida en principio libre de defecto y los filos completan el trabajo de las alas, con una acción de corte, en el cual el espesor de viruta es constante, son las más utilizadas para taladrar madera y suelen estar hechas de acero al cromovanadio. Se utilizan para todo tipo de maderas: duras, blandas, contrachapados y aglomerado. (Serrano, R. & Sáenz, M. 2001).

**FIGURA N° 18: BROCA PARA MADERA**



Fuente: (BRICO-TODO, s/f)

**FIGURA N° 19: PARTES DE UNA BROCA**



Fuente: Drill Doctor, 2002

### **2.8.3 Moldurado**

Según (Castillo, E. 1976), el moldurado consiste proporcionar a una pieza de madera un perfil terminado y con una figura deseada, a fin de mejorar su estética, por lo que la tersura del corte y el detalle de la figura son aspectos de gran importancia que se tienen presentes en esta operación.

En esta operación tenemos 2 tipos de moldurado:

- Moldurado longitudinal (machimbrado)
- Moldurado transversal (en curva o recto)

#### **2.8.3.1 Maquinaria**

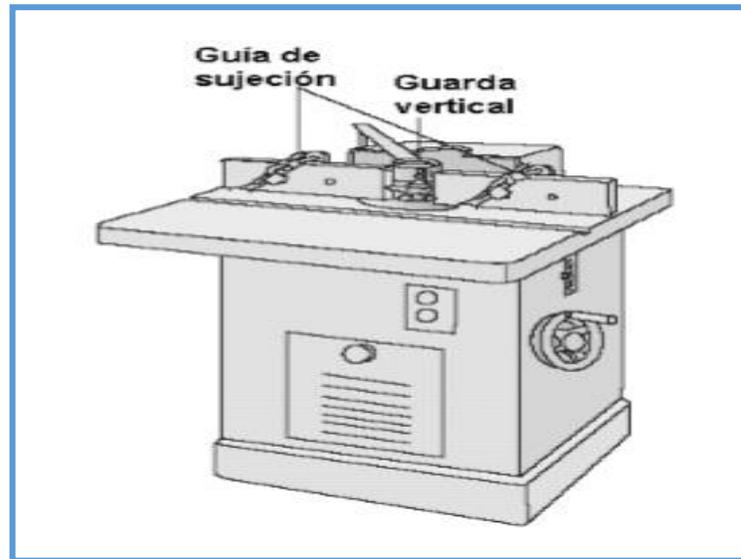
##### **2.8.3.1.1 Tupí**

La fresadora vertical o tupí es una máquina de funcionamiento sencillo pero potencialmente muy peligrosa. Si las cuchillas de la fresadora vertical se separan de las abrazaderas superior e inferior del portacuchillas, pueden salir lanzadas con gran fuerza.

Además, suele ser preciso sujetar el material cerca de las cuchillas. La sujeción debe realizarse con un porta-pieza y no con las manos del operario. Pueden utilizarse cepos para sujetar el material a la mesa. (Parish, J. 2001)

Los trabajos de ranurado se hacen predominante en la tupí. Como herramienta puede utilizarse una sierra ranurar. Cuando se tratase un trabajo de labrado, la madera es trabajada debido a la acción de las cuchillas de corte rotatorio en un árbol de eje vertical, éstas cuchillas giran en sentido contrario de las agujas del reloj y unos flejes de acero sujetan la pieza de madera contra la guía. (Heinrich, H. 1971)

La tupí puede realizar los siguientes trabajos: ranura o rebaja, moldeado de cantos rectos, ranura para machihembrados, cantos curvos y molduras.

**FIGURA N° 20: FRESADORA VERTICAL**

Fuente: (Parish, J. 2001)

#### **2.8.4 Torneado**

Es la operación en la cual mediante el uso de cuchillas, formones o gubias se le da la figura deseada a las piezas de madera. Se realiza para elaborar distintos productos entre los que se encuentran; artículos deportivos, mangos para herramientas, partes para muebles y juguetes, entre otros. (Castillo, E. 1976).

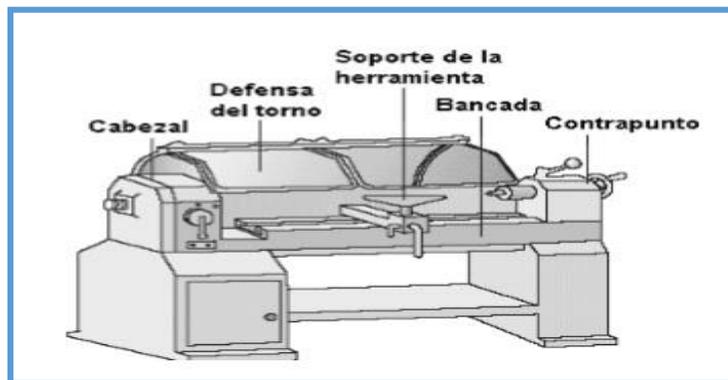
El filo de la herramienta de corte, corta en diferentes posiciones a las fibras de la madera; la penetración es en sentido helicoidal y continuo, cuando la madera gira y las herramientas cortantes avanzan en dirección paralela al eje de rotación, en el torneado manual la cuchilla avanza sobre la línea central de la pieza a tornear. Cuando se utilizan tornos manuales se recomienda que la velocidad de avance sea lo más uniforme posible, cuidando siempre que la pieza a tornear no se quemé por contacto prolongado en un punto entre esta y la herramienta de corte. (De Los Ríos, M. 2005).

## 2.8.4.1 Maquinaria

### 2.8.4.1.1 El Torno

El torno es la máquina giratoria más común y más antigua, sujeta una pieza de madera y la hace girar mientras una herramienta de corte da forma al objeto. La herramienta puede moverse paralela o perpendicularmente a la dirección de giro, para obtener piezas con partes cilíndricas o cónicas, o para cortar acanaladuras. Empleando Herramientas especiales, un torno puede utilizarse también para obtener superficies lisas, como las producidas por una fresadora, o para taladrar orificios en la pieza. (Rosales, E. J. 2006).

**FIGURA N° 21: TORNO MANUAL**



Fuente: (Parish, J. 2001)

### 2.8.4.2 Partes principales del Torno (Rosales, E. J. 2006).

#### 2.8.4.2.1 Cabezal

Es una caja fijada al extremo de la bancada por medio de tornillos o bridas. En ella va alojado el eje principal, que es el que proporciona el movimiento a la pieza. En su interior Suele ir alojado el mecanismo para lograr las distintas velocidades, que se seleccionan por medio de mandos adecuados, desde el exterior.

#### 2.8.4.2.2 Bancada

Es un zócalo de fundición soportado por uno o más pies, que sirve de apoyo y guía a las demás partes principales del torno. Debe tener dimensiones apropiadas y suficientes

para soportar las fuerzas que se originan durante el trabajo, las guías han de servir de perfecto asiento y permitir un deslizamiento suave y sin juego al carro y contra cabezal.

#### **2.8.4.2.3 Eje principal**

Es el órgano que más esfuerzos realiza durante el trabajo. Por consiguiente, debe ser robusto y estar perfectamente guiado por los rodamientos, para que no haya desviaciones ni vibraciones.

#### **2.8.4.2.4 Contra cabezal o Contrapunto**

El contra cabezal o cabezal móvil, llamado impropiaemente contrapunto, consta de dos piezas de fundición, de las cuales una se desliza sobre la bancada y la otra puede moverse transversalmente sobre la primera, mediante uno o dos tornillos.

### **2.8.4.3 Herramientas para el Torneado**

#### **2.8.4.3.1 El Formón**

Es una herramienta manual de corte libre utilizada en carpintería. Se compone de hoja de hierro acerado, de entre 4 y 40 mm. De anchura, con boca formada por un bisel, y mango de madera. Su longitud de mango a punta es de 20 cm. aprox. El ángulo del filo oscila entre los 25-40°, dependiendo del tipo de madera a trabajar: madera blanda, menor ángulo; madera dura, mayor ángulo. Los formones son diseñados para realizar cortes, muescas, rebajes y trabajos artesanos artísticos de sobre relieve en madera. Se trabaja con fuerza de manos o mediante la utilización de una maza de madera para golpear la cabeza del formón. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Form%C3%B3n>).

#### **2.8.4.3.2 La Gubia**

La gubia es un formón de media caña; es decir acanalada, que se usa para tallar y ahuecar la madera. Las principales gubias utilizadas por los tallistas y otros profesionales de la madera se pueden dividir en:

- Gubias planas: Parecidas a los formones pero con una leve curvatura que facilita mucho su uso a la hora de la talla, ya que así se evita que los vértices del extremo cortante rayen la madera.

- Gubias curvas o con forma de U: Tienen forma semicircular, puede ser de extremo cóncavo o convexo con radio variado y su uso facilita la desbastación de la madera antes de llegar a tocar la forma final deseada.
- Gubias punta de lanza o en vértice: Son como la conjunción de dos formones en un vértice y su uso principal es el de usar la punta de unión como elemento de corte que marca la forma de manera previa. (<http://es.wikipedia.org/wiki/Gubia>, 2019)

### **2.8.5 Lijado**

Lijar significa alisar, pulir, abrillantar o limpiar algo mediante el frotamiento con un objeto abrasivo, generalmente una lija. El lijado es una tarea fundamental en cualquier trabajo de acabado, como ser pintura, barniz, entre otros. (BRICO - TODO, s/f).

Así como mediante el cepillado se elimina los defectos del aserrado, como ser encorvaduras y asperezas, el lijado suprime los defectos del cepillado y tiene por misión seguir aislando la superficie acabada. (Heinrich, H. 1971).

Por esto, la operación de lijado se divide en dos clases, cada una con propósitos distintos.

El primer proceso de lijado pretende obtener una superficie lisa o plana, a partir de una superficie brusca, consecuencia del proceso de cepillado, donde se generan defectos como grano arrancado, velloso, rugoso y marcas de cuchillas.

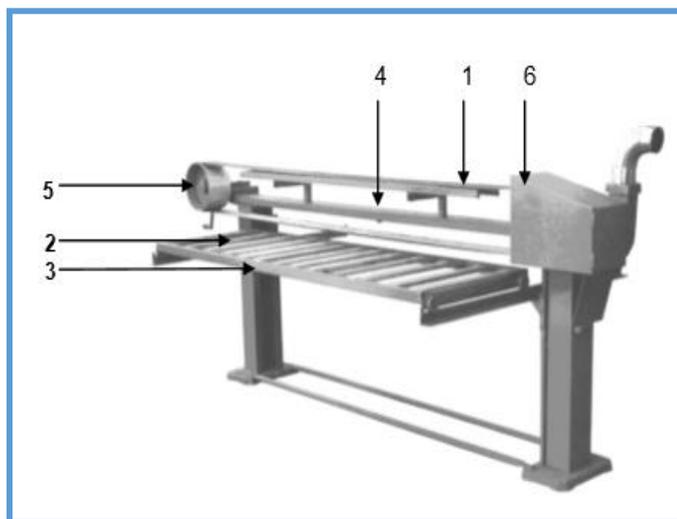
El segundo trabajo consiste en preparar una superficie de alta calidad para aplicar los materiales de acabado, como selladores, barnices, lacas, pinturas, entre otros, que pretenden minimizar la profundidad de las rayas del lijado anterior, así como proteger la Madera de rayaduras leves y manchas que puedan ocasionarse por el contacto directo de algunos líquidos.

De esta forma los defectos que no han sido eliminados con el lijado, sobresalen cuando se aplica un acabado; por esto las maderas seleccionadas para fabricar productos de alta calidad deben poseer buenas características de lijado. (Serrano, R. & Sáenz, M. 2001)

### 2.8.5.1 Lijadora de banda

La lijadora de banda es una máquina que dispone de dos rodillos (Uno fijo y motriz y el otro con ligero movimiento horizontal para ajustar la tensión de la lija) separados a distancias superiores a 1 m. entre las que circula una banda de lija de tela, la lija discurre sobre una mesa en donde se dispone la madera a lijar, la presión se realiza mediante una zapata de lijado. La velocidad de la lija varía entre 10 - 12 m/s a 20 – 24 m/s. (Martínez, I. & Vignote, S. 2006).

**FIGURA N° 22: LIJADORA DE BANDA**



Partes:

1. Cinta lijadora,
2. Mesa de trabajo,
3. Mango,
4. Mesa superior de trabajo,
5. Rodillo móvil,
6. Rodillo motriz.

Fuente: (Parraga, R. 1988)

### 2.8.5.2 Características de la herramienta

Para la realización del lijado, se utiliza como herramienta la lija, formada por un material duro y abrasivo, pegado a un soporte de papel o textil. Es decir, la lija está formada por tres elementos: material abrasivo, soporte de papel o textil y pegamento.

#### 2.8.5.2.1 Material abrasivo

El material abrasivo se caracteriza por su composición y por su granulometría, tanto en lo que se refiere al tamaño como a su distribución. En cuanto a los materiales abrasivos utilizados, en la tabla 2 se indican los tipos que se utilizan y las características más importantes de estos. En cuanto a su granulometría, las lijas se clasifican por el

número de granos por pulgada cuadrada que incorporan. Cuando el grano es grande, el número de granos por pulgada cuadrada es pequeño y viceversa. Comercialmente existen granulometrías de 12 a 1200 En madera, salvo operaciones no propias de lijado, solo se suele utilizar las granulometrías entre 40 y 600.

#### **2.8.5.2.2 Soporte**

Los tipos de soporte más utilizados son el papel, el textil o combinación de ambos. El papel: Su característica es su escasa elasticidad y su deformabilidad por estiramiento, pero son más baratos. Su utilización más común es en el lijado a mano o en máquinas de bajo a mediano Rendimiento. Dentro de los papeles, se clasifican por el gramaje (de 75 a 300 gr/m<sup>2</sup>), a medida que aumente el gramaje aumenta la resistencia.

#### **2.8.5.2.1 Textil**

Normalmente de algodón y poliéster. Son más resistentes y elásticos. Se clasifican en los siguientes tipos:

#### **2.8.5.2.3 Aglomerante**

El aglomerante es el pegamento con el cual se pega el material abrasivo, es decir los granos al soporte. Puede ser cola animal (muy utilizada en lijas manuales) o cola de urea (mayor resistencia - utilizadas en máquinas de lijado). (BRICO TODO, s/f).

#### **2.8.5.4 Calidad final de preparación de la superficie**

Según Martínez, I. & Vignote, S. 2006; se puede decir que la calidad de superficie se consigue con lijas de entre 150 y 220, y como término más general el grano 180. En maderas con el grano muy fino, es suficiente con llegar a granos de 150, granos más finos, dejaría la superficie tan lisa, que el barniz entraría con dificultad. Por el contrario, para madera de grano muy basto, llegar sólo a granos de 150 o 180 dejarían una Superficie tan porosa que requeriría mucho tapaporo para poder producir capa sobre la madera.

### **2.8.5.5 Fases del Lijado**

#### **2.8.5.5.1 Lijado igualante**

Tiene como fin preparar la superficie para el lijado propiamente dicho. Utiliza lijas de entre 40 y 80. Sólo debe aplicarse este lijado cuando el mecanizado no se ha hecho correctamente (mordidas superiores a 0.3 mm).

#### **2.8.5.5.2 Lijado**

Utiliza lijas de entre 100 y 220, buscando preparar la madera para recibir el acabado.

#### **2.8.5.5.3 Lijado de barniz o asentado**

Utiliza lijas de entre 240 a 600 (raramente superiores a 400) buscando abrir el poro del barniz para aplicarle una capa encima

### **2.9 Defectos comunes del maquinado en la Madera (Trabajabilidad)**

De acuerdo con Flores, R. y M. E. Fuentes, L. (2001), los defectos más comunes en el maquinado de la madera son los siguientes:

#### **2.9.1 Grano Astillado**

Es una condición de aspereza que presenta la madera cuando las fibras se desprenden de la superficie trabajada dejando huella en forma de pequeños agujeritos.

#### **2.9.2 Grano Apelusado**

Es una condición de aspereza de la superficie de la madera en la que pequeñas partículas o grupos de fibras que no fueron cortadas por la herramienta de corte (fresa, cuchilla, broca, etc.) sobresalen de la superficie general de la tabla sin desprenderse, permaneciendo adheridas a ella.

#### **2.9.3 Grano Levantado**

Es una condición de aspereza de la superficie de la madera, en la que una parte del anillo de crecimiento u otra sección de madera se levanta sobre la superficie general de la pieza trabajada.

### 2.9.4 Marcas de Astilla

Son huellas (abolladuras) poco profundas en la superficie de la tabla, causadas por virutas que permanecen adheridas al cabezal porta cuchillas del cepillo debido a que no son eliminadas por el escape del mismo. Este defecto es exclusivo del ensayo de cepillado.

### 2.9.5 Grano Rasgado

Son fibras cortadas transversalmente por la herramienta de corte, dejando una superficie áspera, este defecto se presenta en los ensayos de moldurado, torneado y taladrado.

### 2.9.6 Rayones

Marcas semejantes a un rasguño, ocasionado por la lija, presentándose exclusivamente en el ensayo de lijado.

### 2.9.7 Calificación de las pruebas de Trabajabilidad

La calificación de las probetas con las que se evalúa el maquinado de la madera está referida a grados de defectos de 1 a 5, de acuerdo a la tabla de clasificación de acuerdo a patrones obtenidos de las Normas siendo éstas: ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales.

**FIGURA N° 23: CLASIFICACIÓN DE LAS PROBETAS DE MAQUINADO**

GRADO	RANGO	CALIDAD	DESCRIPCION
1	0,0 - 0,1	Excelente	libre de defectos
2	1,0 - 2,0	Buena	con defectos superficiales que pueden eliminarse
3	2,0 - 3,0	Regular	con defectos marcados
4	3,0 - 4,0	Pobre	con defectos severos
5	4,0 - 5,0	muy pobre	con defectos muy severos

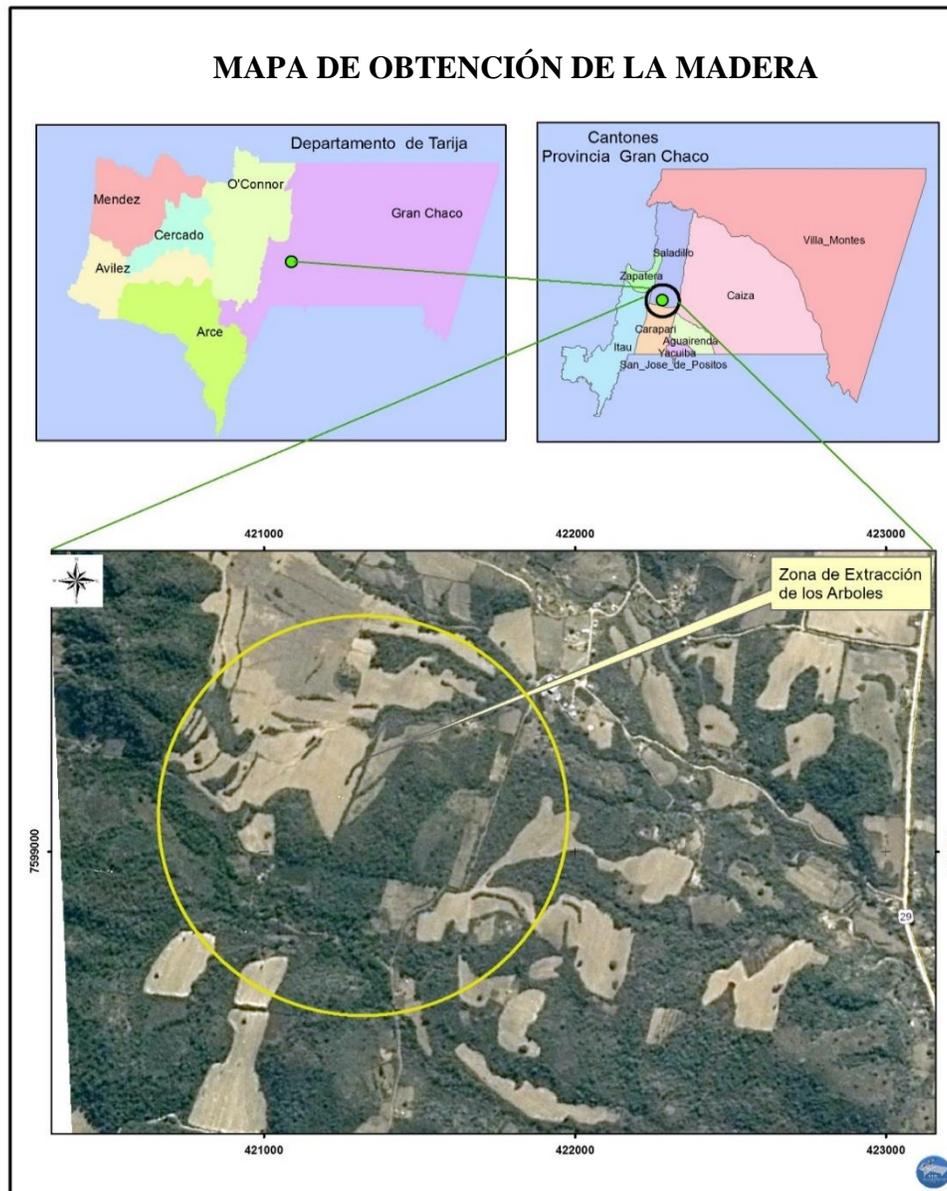
Fuente: NORMAS ASTM-D-1666-64 (1970)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Descripción de la zona de Estudio

**FIGURA N° 24: LOCALIZACIÓN ZONA DE OPTENCIÓN DE LA MADERA**



Fuente (elaboración propia. 2019)

### **3.1.1 Localización**

La comunidad de Campo Largo se encuentra en el municipio de Carapari (Segunda Sección de la provincia Gran Chaco) del departamento de Tarija a 20 Km. Del pueblo de Carapari y aproximadamente a unos 195 Km. De la ciudad capital del departamento de Tarija sobre la carretera troncal Tarija-Yacuiba.

### **3.1.2 Accesibilidad**

De acuerdo a la información de la Administradora boliviana de carreteras (ABC), citado por Jurado (2015), por el este del Departamento de Tarija pasa la carretera que une las ciudades de Tarija y Yacuiba la misma que sirve como conexión a la República Argentina, está considerada como una carretera internacional, la cual cuenta con cubierta asfáltica la mayor parte (camino de primer orden) , desde el cruce ruta F29 (Comunidad de Campo Largo ) donde se ingresa a la zona de extracción de los arboles contando con caminos de segundo y tercer orden, que en la época de lluvia se dificulta el acceso por la falta de mantenimiento de los caminos.

## **3.2 Características Físicas**

### **3.2.1 Geomorfología**

La Comunidad de Campo Largo es parte de un paisaje de montañas y sub montañas con pendientes medias a fuertes con estratos conformados por rocas sedimentarias pertenecientes a la era terciaria. Las cimas de las montañas son redondeadas y alargadas cuyas laderas forman valles cortos y pequeños cañones con bastante humedad en varias zonas. (PDM, 2005).

### **3.2.2 Fisiografía**

La Comunidad de Campo Largo es parte de la provincia fisiográfica del sub andino con una topografía generalmente irregular con pendientes suaves y moderadas reduciendo significativamente en las áreas de cultivos agrícolas que van desde 15 a 90%. (PDMC, 2005).

### **3.2.3 Suelo**

La Comunidad de Campo Largo Cuenta con un suelo de llanura y piedemonte Según la clasificación de la FAO (2001), son suelos profundos (+1.5m) de color pardo rojizo y pardo rojizo oscuro con grado de fertilidad moderada con textura y estructura blocosa a columnar de grado moderado. Y cuentan con un suelo de textura franco arenosa a Franco limosa en los horizontes superiores, franco arcilloso y arenoso a arcilloso en los inferiores. (PDMC, 2005).

## **3.3 Características del Ecosistema**

### **3.3.1 Clima**

La Comunidad de Campo Largo presenta un clima cálido semiárido con temperaturas que varían desde 12°a 27° y precipitaciones desde 800 a 1000mm anuales. Los vientos generalmente son de sur a norte pero a veces a la inversa, lo que ocasiona un vuelco en los cultivos y pérdida de la capa arable, especialmente en el mes de agosto. (PDMC, 2005).

### **3.3.2 Temperatura**

Presenta temperatura media anual de 20,2 °C, las temperaturas máximas registradas por la estación de Itaú son de 28,0 °C y la temperatura mínima promedio registrada por la misma estación es de 12,4 °C. Sin embargo, es importante hacer notar que se registran temperaturas extremas como la máxima alcanzada de 32,4 °C en el mes de enero y una mínima de 6,2 °C en el mes de julio. (PDMC, 2005).

### **3.3.3 Precipitaciones Pluviales**

El periodo seco abarca desde mediado del mes de abril hasta mediados de octubre, sumando una precipitación acumulada de 183,8 mm. En el mes de julio no supera los 5,5 mm. Por otro lado, el periodo húmedo comprende los meses de mediados de noviembre hasta mediados del mes de abril con 800 mm, concentrándose el 90% de la precipitación anual. La precipitación media anual alcanza un valor de 954,2 mm. Existe déficit hídrico en invierno lo que sería insuficiente para el desarrollo de los cultivos en esta época del año, mientras que en la época de lluvias las precipitaciones pueden

garantizar y sustentar el desarrollo del cultivo de maíz, papa y otros. (SENAMHI 2013), citado por Jurado, 2015.

### **3.4 Características Bióticas**

#### **3.4.1 Vegetación**

La vegetación que se desarrolla en la comunidad de Campo Largo, corresponde a tres grandes fitoformaciones, la formación con bosques xerofítico montano, formación con bosque semidesiduo comtano y bosque montano de transición. (Diagnóstico forestal de Caraparí, 2002), citado por Jurado 2015. A continuación, se presentan el registro de especies vegetales más importantes del municipio como así también sus usos más frecuentes.

**CUADRO N° 2: ESTRATO ARBÓREO**

Nombre común	N. Científico	Familia	usos
Algarrobo	<i>Prosopis alba</i>	Mimosoidea	Excelente para alimento balanceado del ganado
Cebil colorado	<i>Piptadenia macrocarpa</i>	Mimosoidea	Madera buena para postes, curtir cueros
Mistol	<i>Zizipus mistol</i>	Ramnaceae	Fruto comestible, madera buena para ebanisteria
Palo borracho	<i>Chorisia insignis</i>	Bombaceae	Produce algodón cedoso, la corteza es buena para elaborar piolas amacas
Nogal	<i>Juglas australis</i>	Juglanaceae	Para alimentación, la corteza sirve para pintura natural
Palo blanco	<i>Calixophillum multitorum</i>	Rubiaceae	Madera dura buena para vigas
Quina colorado	<i>Myroxilium peruiferum</i>	Papilionaceae	Contiene sulfato de quinina para combatir el paludismo
Tipa colorada	<i>Pterogenie nitenes</i>	Caesalpinoidea	De su corteza se extrae miel y cataplasma para los huesos
Timboy	<i>Esterolobium contontisifiquium</i>	Mimosoidea	La semilla molida sirve como javon y su corteza para limpiar ropa
Tipa blanca	<i>Tipuana tipa</i>	Papilionaceae	Para parches y como forraje
Roble	<i>Amburana cearencis</i>	Papilionaceae	Madera de calidad
Guayacan	<i>Caesalpinia araguarienses</i>	Casalpinoidea	Madera fina para la fabricación de muebles
Chañar	<i>Geoffroea decarticans</i>	Papilionaceae	Fruto comestible, cura indigestiones y purgante

Fuente: Diagnóstico Forestal de Caraparí, 2002), citado por Jurado, 2015.

**CUADRO N° 3: ESTRATO ARBUSTIVO**

Nombre común	N.Científico	Familia	Usos
Guayabilla	<i>Eugenia mato</i>	Mirtaceae	Bueno para dardos de flechas palas de madera
Tala	<i>Celtis espinosa</i>	Ulmaceae	Forraje para ganado y leña
Carnaval	<i>Cassia carnaval</i>	Cesalpinoidea	Madera para construir yugos picotas y otros
Coca de cabra	<i>Capparis retusa</i>	Capparis retusa	Cauísticos y sinapismos
Tusca	<i>Acacia aramo</i>	Mimosoidea	Leña fruto comestible
Espinillo			Medicinal
Tabaquillo	<i>Solanum riparium</i>	Solonaceae	
Brea	<i>Cercidium australe</i>	Cesalpinoidea	
Ancoche	<i>Vallesta glaba</i>	Apocinaceae	
Carrancho			Forraje para ganado
Palmita			Construcción para peinetas
Choraque			Forraje para ganado
Palo mataco	<i>Achatocarpus praecus</i>	Achatocarpaceae	

Fuente: Diagnóstico Forestal de Caraparí, 2002), citado por Jurado, 2015.

#### CUADRO N° 4: ESTRATO HERBÁCEO

Nombre común	N. Científico	Familia	Usos
Caluchin			
Achera			
Mimosa	<i>Mimosa detinens</i>	Cesalpinoidea	
Carahuata	<i>Bromelia serra</i>	Bromiliaceae	Forraje y medicinal
Mocomoco			Forraje

Fuente: Diagnóstico Forestal de Caraparí, (2002), citado por Jurado, 2015.

### 3.5 Aspectos Socioeconómicos

#### 3.5.1 Uso actual de la Tierra

Entre los usos actuales de la tierra de la comunidad de Campo Largo sobresalen el uso agrícola para sembradío como ser: Hortalizas, papa, tomate, maíz, soya, la extracción de especies maderables mayormente para el uso propio destacándose el cebil, la ganadería extensiva del ganado vacuno, caprina, porcina. (PDMC, 2005).

#### 3.5.2 Uso y ocupación de los Suelos

Los suelos están destinados a la agricultura y ganadería por parte de los comunarios que aprovechan los suelos con cobertura de pastizales para alimentas sus animales.

Los principales cultivos de la zona son los temporales, es decir por temporadas de lluvias: maíz, maní, papa, soya, arveja, poroto, zapallo. Y entre los cultivos a riego están: el maíz choclo, papa, sandia, tomate, cítricos, soya. En cuanto a la tecnología empleada, es notorio la expansión de la agro-mecanización, es decir el uso predominante del tractor para cultivar la tierra, aunque los propietarios de terrenos pequeños mantienen la realización de todas las labores agrícolas de forma manual y los animales de tiro. (PDMC, 2005).

### **3.6 Materiales**

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizó una serie de materiales, equipos y maquinaria para poder desarrollar el estudio de trabajabilidad de la madera del blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner)

#### **3.6.1 Materiales de gabinete**

- Mapas y cartas geográficas de la zona.
- Normas COPANT MADERAS.
- Planillas para la toma de datos.
- Normas (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales.
- Material de escritorio.

#### **3.6.2 Materiales y equipos de campo**

- GPS.
- Machete.
- Motosierra.
- Flexómetro.
- Cámara fotográfica.
- Parafina.
- Balanza

##### **3.6.2.1 Maquinaria de carpintería**

- Cepilladora.
- Torneadora.
- Maquina tupi.
- Taladro de banco.
- Sierra sin fin.
- Lijas N60/100.

##### **3.6.3 Material biológico**

- Madera de la especie en estudio.

### **3.7 Metodología**

Para elaborar el presente trabajo de investigación se aplicó la metodología que se encuentra en las normas (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales y complementariamente se aplicó las NORMAS COPANT 458 selección y colección de muestras y NORMAS COPANT 460, Método de determinación del Contenido de Humedad, con la finalidad de que los resultados obtenidos en el presente estudio, sean confiables y aplicables y tenga un marco de referencia técnico y científico.

#### **3.7. Aplicación de las normas COPANT**

##### **3.7.1.1 Selección y colección de Muestra**

Para trabajos de investigación es importante la correcta selección y colección de muestras, basada en la norma COPANT 458, que recomienda que se tome en cuenta que el sistema de elección sea al azar de manera que todos los componentes (zona, sub zona, bloque, árbol vigueta probeta, troza) tengan la misma posibilidad de ser elegidas y sean representativas en el área de estudio.

##### **3.7.1.2 Selección de la Zona**

El primer aspecto que se tomó en cuenta para la selección de la zona es la representatividad (en cuanto a la población y calidad de individuos) que tiene la especie de blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) donde se ha obtenido las muestras.

##### **3.7.1.3 Selección de Árboles**

Se ha eligió al azar tres árboles para realizar los estudios, tomando en cuenta sus características vegetativas de la especie a ser apeada como: fuste sano, diámetro a la altura del pecho a 1.30 metros del suelo.

**FIGURA N° 25: SELECCIÓN DE MUESTRA**

#### 3.7.1.4 Selección de la troza

Una vez ubicado y realizado el apeo, desrame del árbol, se dividió el fuste en secciones iguales las cuales fueron marcadas en sus extremos para su fácil identificación, en orden secuencial desde la parte inferior a la superior, luego se realizó el sorteo de las trozas a utilizar de cada árbol, registrándose los datos de cada una de ellas.

**FIGURA N° 26: SELECCIÓN DE TROZA**

#### 3.7.1.5 Extracción de las trozas

Las trozas se transportaron desde el lugar del apeo hasta la carpintería del Sr. Marcelino ubicado en la ciudad de Tarija.

**FIGURA N° 27: EXTRACCIÓN DE TROZAS**

### 3.7.1.6 Obtención de las tablas

Una vez en el aserradero se procedió a cortar las trozas para la obtención de las tablas de 4 x 10 x 100 cm y 3 x 12 x 30 cm. de dimensión, de las cuales se eligieron las mejores tablas tomando en cuenta que se hallen libres de defectos, para obtener las probetas que se utilizó en el estudio de trabajabilidad.

**FIGURA N° 28: OBTENCIÓN DE TABLAS**

### 3.7.1.7 Obtención de las probetas dentro de las trozas

Se tomó en cuenta la codificación de cada tabla, se procedió a elegir 9 probetas de

4 x 10 x 100 cm y 6 probetas de 3 x 12 x 30 cm por cada árbol, Las probetas se obtuvieron de acuerdo a las normas correspondientes en cada uno de los ensayos de trabajabilidad. Para lo mismo se utilizaron probetas en números y dimensiones como se refleja en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 5: DIMENSIONES Y NÚMERO DE PROBETAS  
POR ENSAYO**

ENSAYO	DIMENSION DE PROBETAS (cm)	N° DE ARBOLES	PLANO DE CORTE	N° DE PROBETAS	N° TOTAL DE PROBETAS
CEPILLADO	4X10X100	3	TANGENCIAL	9	27
			RADIAL	9	
			OBLICUO	9	
LIJADO	4X10X100	3	TANGENCIAL	9	27
			RADIAL	9	
			OBLICUO	9	
MOLDURADO	4X10X100	3	TANGENCIAL	3	9
			RADIAL	3	
			OBLICUO	3	
TALADRADO	3X10X30	3	TANGENCIAL	6	18
			RADIAL	6	
			OBLICUO	6	
TORNEADO	2X2X12,5	3	TANGENCIAL	3	9
			RADIAL	3	
			OBLICUO	3	

Fuente (elaboración propia)

### 3.7.1.8 Codificación de probetas

Para la correcta identificación de las probetas se colocó la nomenclatura con base a los siguientes aspectos, por ejemplo.

**I A 1 T → AG ← AC**

#### Referencias

**I:** Hace mención al número de árbol (I, II, III)

**A:** Hace mención a la troza (A, B, C)

**1:** Hace mención al número de probeta (1, 2, 3 )

**T:** Hace mención al Plano de corte (Tangencial, Radial, Oblicuo)

**→:** Dirección a favor del grano (AG)

**←:** Dirección a contra del grano (AC)

#### FIGURA N° 29: CODIFICACIÓN DE PROBETAS



#### 3.7.1.9 Parafinado de probetas

Para evitar la pérdida de humedad de las probetas por los cantos se procedió a parafinar con vela líquida para que la madera no pierda rápido su humedad y así disminuir los defectos en el secado

#### FIGURA N° 30: PARAFINADO DE PROBETAS



### 3.7.1.10 Método de apilado

Con la obtención de las tablas para el secado, se procedió al control del peso de cada tabla codificada, que fue anotado en la planilla de registro, posteriormente se procedió a su apilado, en instalaciones del (Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales). Se empleó el apilado de encastillado horizontal.

### 3.7.1.11 Apilado de la Madera

- Se colocó sobre una base metálica sobre piso de hormigón a 50 cm del suelo, a fin de facilitar la circulación del aire y evitar el contacto directo con el suelo que permite la infección de hongos e insectos.
- La altura y la anchura de la pila se tomó en cuenta que sea máximo de 2 metros.
- Se dejó un espacio de 15 cm entre canto y canto de las tablas.

**FIGURA N° 31: APILADO DE LA MADERA**



### 3.7.1.12 Cubierta o techo

Se ubicó en el interior del tinglado para evitar la acción directa del sol y cambios bruscos de la humedad sobre el apilado, así se evitó que se produzcan deformaciones y defectos en las tablas.

### 3.7.1.13 Orientación de la pila

La orientación que se le dio al apilado, ha sido en función de darle mayor circulación del aire y protección del sol para evitar rajaduras.

**FIGURA N° 32: ORIENTACION DE LA PILA**



#### 3.7.1.14 Procedimiento para el control de Secado

Para la determinación del contenido de humedad inicial de las muestras, se basó en las recomendaciones especificadas en la NORMA COPANT MADERAS- R - 460.

Para que los resultados sean exactos recomienda tomar en cuenta lo siguiente.

- Se debe realizar la eliminación de todas las partículas adheridas a las probetas como ser aserrín o polvo antes de realizar el control del pesado de las mismas.
- La humedad de la madera se calculó como un porcentaje del peso del agua que contiene, respecto del peso del material seco, con la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Dónde:

Ph = Peso de la madera húmeda o peso inicial.

Ps = Peso la madera seca o anhidra.

CH = Contenido de humedad %.

Cada probeta obtenida de las trozas ha sido codificada y pesada (peso inicial), luego se introdujo a la estufa donde se programó inicialmente a 60° de temperatura por 24

hras. transcurrido este tiempo se retiró las muestras de la especie blanquillo, para luego registrar el peso de cada una, se repitió el procedimiento gradualmente con 80°, 100°, hasta alcanzar entre  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ . ha sta conseguir un peso constante que representa el peso anhidro de cada probeta.

**FIGURA N° 33: COLOCADO DE PROBETAS A LA ESTUFA**



#### 3.7.1.15 Registro de datos del Secado al Aire Libre

La toma de datos se realizó cada 10 días, donde se evaluó el secado de cada tabla, se pesó las tablas hasta que alcanzaron un peso constante. Para realizar los ensayos de trabajabilidad de la madera blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner).

**FIGURA N° 34: CONTROL CONTENIDO DE HUMEDAD**



### 3.7.1.16 Determinación de contenido de Humedad

Para determinar el contenido de humedad mediante el secado de la madera al aire libre se aplicó el método de encastillado horizontal, procediendo a realizar el control del peso de las probetas cada 10 días, para lo cual se aplicó la siguiente fórmula:

$$CHc = \frac{Pc}{Pi} (CHi + 100) - 100$$

Donde:

CHc= contenido de humedad de control (%).

Pc= peso de control (gr).

Pi= peso inicial (gr).

CHi = contenido de humedad inicial (%).

### 3.7.1.17 Evaluación de Defectos

Finalizado el tiempo de secado al aire libre, se procedió a la evaluación visual de defectos producidos durante el tiempo de secado como rajaduras, grietas, alabeos

## 3.8 Ensayo de Cepillado

### 3.8.1 Equipo

Se utilizó un equipo denominado grueseadora, con porta cuchillas de un diámetro de 10 cm, y 30° de ángulo de corte normal, con capacidad de alojar 3 cuchillas, y una potencia de 5000 r.p.m con una velocidad de alimentación de 12 (m/min), con un ancho de mesa de 40 cm., se usaron cuchillas de acero rápido (HSS), Afilados de acuerdo al proceso de operación.

**FIGURA N° 35: ENSAYO DE CEPILLADO**



### 3.8.2 Probetas - ensayos con Madera seca

Se usaron 27 probetas.

- 9 en corte tangencial (plano).
- 9 en corte oblicuo (falso cuarteado).
- 9 en corte radial (cuarteado).
- Las probetas fueron de 10 cm de ancho, 100 cm de longitud y un espesor de 4 cm.
- Contenido de humedad: Las probetas de madera seca se registraron con el contenido de humedad del 10.01 a 12.79%.

**FIGURA N° 36: PROBETAS DE CEPILLADO**



### 3.8.3 Procedimiento

- Las probetas previo al ensayo fueron marcadas con el número del árbol de procedencia y el número de la probeta de modo que esta identificación no se pierda con el cepillado.
- Este ensayo se realizó con dos ángulos de corte 15° y 30° y una velocidad de corte: 12 m/min; con una profundidad de corte promedio de 1,0 mm por pasada, reduciendo el espesor de la probeta hasta un mínimo de 2 cm.
- Las probetas fueron cepilladas en ambas caras tanto a favor como en contra del grano,
- Se marcó el extremo de la probeta cuando emerge de la máquina para indicar la dirección de alimentación y el lado que acaba de ser procesado.
- Al cambiar la dirección del grano, volteando la probeta a su cara opuesta, se marcó en forma diferente que la pasada inicial.
- El extremo de cada probeta se marcó cuando emerge de la máquina para indicar la dirección de alimentación y el lado que acaba de ser procesado.
- Al cambiar la dirección del grano, volteando la probeta a su cara opuesta, se marcó en forma diferente que la pasada inicial.

### 3.8.4 Resultados de ensayos de Cepillado

Se evaluaron los defectos de forma visual y se registró:

- El grano arrancado, por ser en bajo relieve, el defecto que reviste mayor gravedad.
- Para los defectos secundarios se hizo un informe secundario que indique la frecuencia y magnitud de los mismos de la especie.
- La calificación se dio en grados de 1 a 5 de acuerdo a patrones obtenidos a partir de normas existentes. Para la evaluación se pondero en función de porcentaje de incidencia y extensión del defecto.

### 3.9 Ensayo de Lijado

#### 3.9.1 Equipo

Se utilizó una lijadora portátil, marca COROMA angle grinder (AB316A) de 6.500 r.p.m el plato con un diámetro de 17,5 cm debiéndose especificar las características de la máquina (velocidad de la lija, potencia del motor, longitud de la lija, dimensiones del plato, carga).

**FIGURA N° 37: ENSAYO DE LIJADO**



#### 3.9.2 Materiales

Se utilizó lija de óxido de aluminio N°60 y 100

#### 3.9.3 Probetas

Se manejó las probetas ensayadas en cepillado, es decir nueve probetas por árbol, de madera seca con un contenido de humedad del 10.01 al 12.79%. El ancho de la probeta fue como máximo 2 cm menos que el ancho de la lija.

**FIGURA N° 38: PROBETAS DE LIJADO**

#### 3.9.4 Requisitos Generales

- Se utilizó lijas en estado satisfactorio (no nueva por no ser representativa). Se ensayó en la misma dirección utilizada en el cepillado (a favor o en contra del grano). Para el ensayo se agrupo cada tipo de corte, (radial, tangencial, oblicuo) y especie por separado.
- Debido a que la madera presento grano arrancado en el proceso de cepillado se trabajó con lija N° 60 para eliminar dicho defecto y después se siguió con la lija N°100 para evaluar la calidad de la superficie, de acuerdo a lo que indica la norma .

#### 3.9.5 Procedimiento del ensayo de Lijado

- Se determinó la facilidad o dificultad de lijar.
- Se hizo un lijado de rectificación previo al ensayo hasta eliminar las marcas de cepillado haciendo pasadas suaves en ambas caras.
- Se ensayó con una presión cercana o inferior a 100 gr/cm<sup>2</sup> manteniéndose dicha presión durante todos los ensayos.
- La velocidad del lijado (m/min) multiplicada por el tiempo de alimentación (minutos) da la remoción por metro.

- Se efectuó cuatro pasadas, dos de ida y dos de vuelta, suficiente para poder lograr una remoción significativa de más o menos 0.5 mm. La remoción se observó en cuatro puntos distribuidos a una distancia de 30 cm de los extremos y de 1 cm. de los cantos.
- Se tocó la superficie de la madera inmediatamente después del lijado calificándose su temperatura como alta, mediana (temperatura humana = 37°) o baja.
- Se observó la velocidad de ensuciamiento de la lija y la facilidad de remoción de la suciedad. Así también se pudo determinar la velocidad de desgaste de la lija.

### 3.9.6 Calificación con lija N°/ 100

**A.** Se determinó un coeficiente de remoción (mm/Km), dividiendo 0.5 mm entre cantidad de lija pasada, expresada en Km.

La remoción se midió con la ayuda de la siguiente fórmula:

$$R = \frac{0,5 \text{ mm}}{\text{Velocidad de la lija} * \text{Tiempo de alimentación} * \text{N}^\circ \text{ de pasadas}}$$

Velocidad de la lija \* Tiempo de alimentación \* N° de pasadas

$R = (2/\text{número de pasadas para remover } 0.5\text{mm}) \text{ (mm/km)}$ .

**B.** Facilidad de remoción de la suciedad. - La lija se limpió con aire comprimido, con una escobilla o batiéndole, lo cual da una idea de la facilidad o dificultad de limpiarla.

**C.** Velocidad de desgaste de la lija. - Se observó el desgaste de las puntas de los cristales de abrasividad de la lija mediante una lupa.

**D.** Temperatura de la lija. - Los grados de recalentamiento de la lija se estimó en dos pasadas consecutivas (para que sean confiables, debido a la variación de los tiempos entre pasadas y el número de pasadas).

### 3.10 Ensayo de Taladrado

#### 3.10.1 Equipo

Se utilizó un taladro eléctrico de un eje, de alimentación manual, marca HOME MASTER y se ensayó con dos velocidades: una cercana a 1.000 r.p.m. y otra aproximadamente de 500 r.p.m. Se usó una broca de doble hélice sin alas (broca de H.S.S.), de 1.25 cm / 1/2" de diámetro.

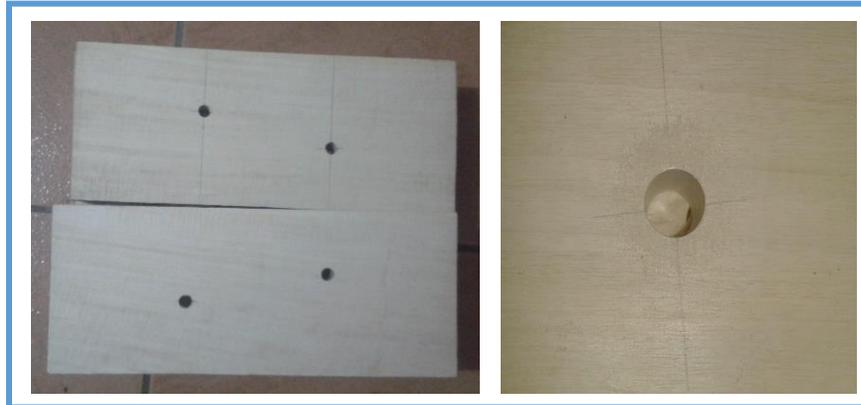
**FIGURA N° 39: ENSAYO DE TALADRADO**



#### 3.10.2 Probetas

Las probetas tuvieron un espesor de 3 cm, 10 cm de ancho y 30 cm de longitud. Se prepararon probetas de tres tipos de corte: radial, oblicuo y tangencial, con un total de 18 probetas (3 árboles x 3 tipos de corte x 2 velocidades de ensayo = 18). Para cada probeta se hicieron dos agujeros de ensayo.

Contenido de Humedad: Las probetas se acondicionaron al contenido de humedad de equilibrio.

**FIGURA N° 40: PROBETAS DE TALADRADO**

### 3.10.3 Procedimiento

- Se aplicó una carga de 30 kg en el eje de la broca, haciéndose el agujero sin respaldo, o sea que la salida deberá estar libre.
- Para cada una de las dos velocidades de giro (500 r.p.m. y 1.000 r.p.m.) se determinó el tiempo de penetración de la broca.

### 3.10.4 Calificación

Este ensayo se calificó en 5 grados, repartidos entre el peor y el mejor de los materiales ensayados, y se registraron los datos.

## 3.11 Ensayo de Torneado

### 3.11.1 Equipo

Se manipuló un torno con varias velocidades de rotación del eje vivo, con un soporte especialmente preparado en forma escalonada y con guía para obtener 15° de ángulo de corte.

**FIGURA N° 41: ENSAYO DE TORNEADO**

- **Otros materiales:**

- Cronómetros.
- Transportador con regla radial.

- **Herramientas**

- Se utilizó una gubia de 2 cm de ancho, con radio de curvatura exterior de 1 cm (lado convexo) y curvatura del filo de 1 cm (arista); y se afilo con un ángulo de hierro a 40° afilado en la cara cóncava para obtener un ángulo de corte de 40°.
- Se usó otra gubia de 2 cm de ancho, con radio de curvatura interior de 1 cm, afilado en el lado convexo con un ángulo de hierro de 30° para ensayos de 0° y 15° de ángulo de corte.

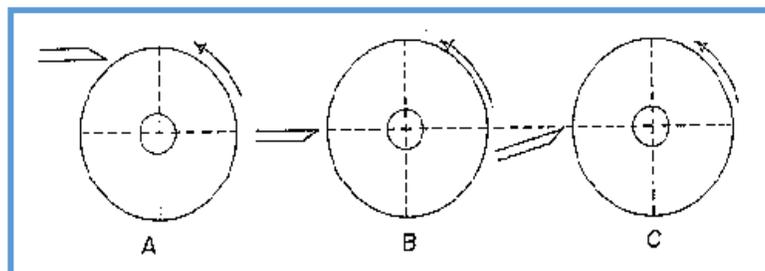
### 3.11.2 Probetas

Se prepararon 9 probetas (3 árboles x 3 probetas por árbol = 9) con dimensiones de 2 x 2 x 12.5 cm.

**FIGURA N° 42: PROBETAS DE TORNEADO**

### 3.11.3 Determinación de ángulo de corte para observación paralela al Grano

- Se ensayaron en la misma probeta con ángulos de corte de  $40^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $15^\circ$  (tres probetas por árbol).
  - Para el ángulo de corte de  $40^\circ$  se ensayó tangencialmente por encima de la probeta (tipo A).
  - Con ángulo de corte de  $0^\circ$  (tipo B) se ensayó radialmente en la misma probeta.
  - Para un ángulo de corte de  $15^\circ$  se utilizó una guía en el portaherramientas (tipo C).
- Se efectuaron cortes enérgicos para todos los casos, debiendo dejarse un diámetro de aproximadamente 1.5 cm al final del ensayo.
- Se determinó el tiempo de penetración mediante un cronómetro, con el fin de igualar el tiempo de penetración de los tres cortes en cada probeta.
  - Se efectuó hasta tres pares de corte en cada probeta para obtener un número satisfactorio de repeticiones.

**FIGURA N° 43: TIPOS DE CORTE EN ENSAYOS DE TORNEADO**

### 3.11.4 Calificación

- Calificación observación paralela al grano.
- Se calificó en 5 grados el grano arrancado y la vellosidad en el fondo paralelo a las fibras y se registró.

### 3.12 Ensayo de Moldurado

#### 3.12.1 Equipo

- Se utilizó un tupí trompo de un eje, de alimentación manual, con una capacidad de giro preferentemente entre 5.000 y 7.000 r.p.m.
- Se fabricaron guías de seguridad hechas de madera, las cuales se fijaron con prensas manuales (dos laterales).
- Se utilizó porta fresas de aproximadamente 10 cm de diámetro y con un ángulo del porta fresas de más o menos 30° para alojar dos o más cuchillas.
- La fresa tuvo un ángulo libre de filo de 20°, ángulo de hierro de 40°, la lengua un ángulo libre lateral de 10° y se hizo un diseño de la cuchilla para producir la hembra del machihembrado.

**FIGURA N° 44: ENSAYO DE MOLDURADO**



### 3.12.2 Probetas

Se utilizó tres probetas por árbol, de madera seca a un contenido de humedad en equilibrio, de 3 cm x 10 cm x 30 cm, con los tres tipos de orientación (radial, tangencial, oblicua). Se manipuló las probetas de cepillado.

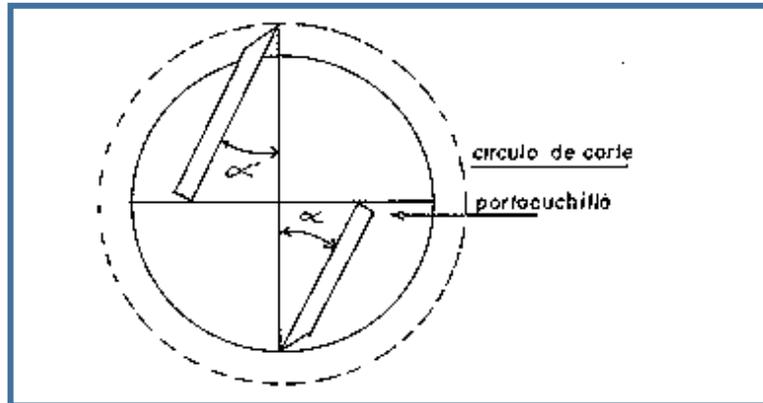
**FIGURA N° 45: PROBETAS DE MOLDURADO**



### 3.12.3 Procedimiento

- Se ensayó con una sola fresa sobresalida y las otras escondidas (contrapeso).
- El ángulo de corte se midió con respecto al filo al de la fresa más sobresaliente y el centro del radio como se indica en la Figura. N° 46.
- La fresa se proyectó como mínimo 13 mm.
- Se ensayó longitudinalmente en el canto de la probeta.
- Se probó en caras opuestas para obtener resultados a favor y contra el grano.

**FIGURA N° 46: ENSAYO DE MOLDURADO EN CUCHILLA SOBRESALIDA**

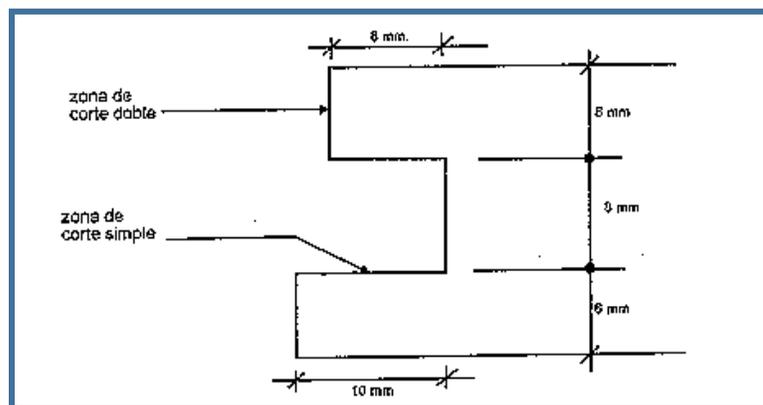


### 3.12.4 Calificación

La calificación se realizó en dos zonas que se indican en la Figura. N° 47

- Zona 1: (la parte más corta de 3mm.) astillado o levantado y los defectos similares a cepillado o sea vellosidad, arrancado.
- Zona 2: (la parte más larga, de 10 mm) astillado y vellosidad.
- Las probetas se clasificaron en 5 grados en orden creciente según la presencia frecuencia y magnitud de los defectos mencionados.

**FIGURA N° 47: ZONAS DE CALIFICACIÓN DE PROBETAS DE MOLDURADO**



### 3.13 Clasificación de los Defectos en base a su extensión y severidad

Se procedió a calificar los resultados obtenidos de cada ensayo, en base a la Norma, ASTM-D-1666-64 (1970), la evaluación de la probeta se realizó en forma visual con base en el grano arrancado, grano astillado, grano vellosos y grano levantado.

La presencia de los defectos se evaluó considerando la extensión de los defectos y la superficie de la probeta y la severidad de los mismos con la siguiente calificación numérica:

**CUADRO N° 6: CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS CON BASE EN SU EXTENSIÓN Y SEVERIDAD**

<b>EXTENSIÓN DEL DEFECTO</b>	<b>CATEGORÍA</b>	<b>SEVERIDAD DEL DEFECTO</b>	<b>CATEGORÍA</b>
1 /5.	1	Libre de defecto	1
2/5.	2	Muy superficiales	2
3/5.	3	Marcado	3
4/5.	4	Pronunciados	4
5/5.	5	Muy pronunciados	5

Fuente: Zavala Z.D (1976)

**CUADRO N° 7: GRADO, CALIFICACIÓN, ÁREA DE DEFECTO EN %, GRAVEDAD DEL DEFECTO**

<b>GRADO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>AREA DE DEFECTO EN %</b>	<b>GRAVEDAD DEL DEFECTO</b>
1	Excelente	0-4	Muy leve
2	Buena	5.-35	Leve
3	Regular	36-69	Acentuado
4	Mala	70-89	Grave
5	Deficiente	90-100	Muy grave

Fuente: Zavala Z.D (1976)

Promediando la combinación numérica de los granos de las variables de extensión y severidad de los defectos, se estableció la forma de evaluación indicada, como sigue

### 3.13.1 Sistema de evaluación de probetas de Maquinado.

**CUADRO N° 8: SISTEMA DE EVALUACIÓN DE PROBETAS DE MAQUINADO**

EXTENSIÓN	SEVERIDAD	COMBINACIÓN	PROMEDIO	CATEGORÍA
1	1	1—1	1	I
2	2	2—2	2	II
3	3	2—3	2.5	II
4	4	3—2	2.5	II
5	5	3—3	3	III
		3—4	3.5	III
		4—2	3	III
		4—3	3.5	III
		5—2	3.5	III
		3—5	4	IV
		4—4	4	IV
		4—5	4.5	IV
		5—3	4	IV
		5—4	4.5	IV
		5—5	5	V

Fuente: *Zavala Z.D (1976)*

### 3.13.2 Rango, calidad, grado.

Rango, calidad, grado.

**CUADRO N° 9: RANGO, CALIDAD, GRADO**

RANGO	CALIDAD	GRADO
0.0 - 1.0	Excelente	1
1.0 - 2.0	Buena	2
2.0 - 3.0	Regular	3
3.0 - 4.0	Mala	4
4.0 - 5.0	Deficiente	5

Fuente: *Zavala Z.D (1976)*

### 3.14 Calificación de probetas en función del porcentaje de piezas libres de Defecto

Para la evaluación general de las características de trabajabilidad, se consideró el porcentaje de probetas para cada una de las 5 categorías, como se indica en el siguiente cuadro:

**CUADRO N° 10: CLASIFICACIÓN DE PROBETAS EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE PIEZAS LIBRES DE DEFECTOS**

<b>CALIFICACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>% PIEZAS</b>
Excelente	Sin defectos	90-100
Bueno	Con defectos lijeros	80-90
Regular		60-80
Pobre	Con defectos severos	50-60
Muy pobre		0-50

Fuente: Zavala Z.D (1976)

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio fueron evaluados de forma técnica y científica, con la finalidad de determinar y calificar las propiedades de Trabajabilidad de la madera blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner).

#### 4.1 Contenido de Humedad inicial

El contenido de humedad inicial se determinó a través de 4 probetas obtenidas de los árboles apeados, tomando como peso inicial (peso verde) y posteriormente el peso anhidro. Los cuales se muestras en el siguiente cuadro.

**CUADRO N° 11: PESO DE MUESTRAS PARA CÁLCULO DEL CONTENIDO DE HUMEDAD INICIAL**

CÓDIGO	PESO VERDE	60°	80°	100°	103° ± 2
1A	148,48	103,08	78,45	78,08	77,9
1B	144,63	100,41	77,78	77,41	77,28
2A	146,86	98,43	75,6	75,29	75,17
2B	142,34	95,98	75,78	75,42	75,27
SUMA	582,31	397,9	307,61	306,2	305,62
MEDIA	145,58	99,48	76,90	76,55	76,41

Con la siguiente fórmula se calculó el contenido de humedad inicial

$$CH = \frac{Pv - P_0}{P_0} \times 100$$

**Pv:** peso verde

**Po:** peso anhidro

$$CH = \frac{145,58 - 76,41}{76,41} \times 100$$

$$CH = 90,52 \%$$

#### 4.2 Registro de datos del Secado al Aire

Los árboles fueron derribados y troceados para la obtención de las probetas en fecha 18 de mayo del 2019, con un diámetro promedio de 60.92cm de DAP. a 1.30 m de altura a partir del nivel del suelo; obteniendo una troza de cada árbol la cual luego fue troceada con motosierra. Luego se trasladó al aserradero donde se obtuvieron las probetas orientadas en corte radial y tangencial y oblicuo El traslado de las probetas fue en fecha 23-04-19; y el inicio del proceso de secado se lo realizo en fecha 24-05-19 en las instalaciones del Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad Juan Misael Saracho, utilizando el método del encastillado horizontal. Secando en el lugar por 3 meses y 12 días.

**CUADRO N° 12: CONTROL DE PESO PARA PROBETAS DE CEPILLADO, LIJADO, TORNEADO Y MOLDURADO**

N° DE ARBOL	TIPO DE CORTE	N° DE PROBETA	P. INICIAL 24/05/19	31/05/019	11/06/019	24/06/019	05/07/019	16/07/019	26/07/019	05/08/019	15/08/019	26/08/019	05/09/019
1	RADIAL	IA1R	4015	3465	3180	2915	2685	2560	2405	2385	2370	2365	2365
		IA2R	4245	3645	3410	2895	2705	2585	2525	2495	2485	2475	2470
		IA3R	4165	3595	3270	2990	2640	2535	2480	2445	2425	2410	2405
	TANGENCIAL	IA1T	4005	3415	3035	2710	2575	2495	2465	2435	2415	2380	2370
		IA2T	3950	3455	2950	2605	2460	2395	2345	2330	2300	2295	2290
		IA3T	4110	3515	3110	2785	2645	2580	2550	2505	2465	2440	2420
	OBLICUO	IA1O	4195	3580	3195	2875	2735	2655	2605	2565	2520	2480	2475
		IA2O	4120	3675	3270	2905	2750	2645	2570	2525	2485	2440	2435
		IA3O	4120	3620	3210	2880	2735	2645	2560	2515	2480	2450	2435
2	RADIAL	IIB1R	4130	3545	3210	2920	2770	2665	2600	2545	2500	2470	2445
		IIB2R	4240	3610	3305	3020	2795	2705	2645	2600	2520	2490	2475
		IIB3R	4295	3710	3315	3050	2830	2725	2655	2615	2530	2520	2520
	TANGENCIAL	IIB1T	4215	3834	3350	3050	2980	2785	2710	2620	2565	2505	2495
		IIB2T	4190	3760	3305	3005	2805	2640	2570	2520	2490	2480	2480
		IIB3T	4055	3525	3210	2885	2690	2545	2480	2430	2405	2395	2380
	OBLICUO	IIB1O	4285	3645	3365	3065	2860	2710	2635	2590	2555	2525	2505
		IIB2O	4175	3520	3240	2870	2710	2610	2555	2510	2485	2475	2455
		IIB3O	4220	3565	3295	2920	2735	2630	2570	2530	2485	2460	2450
3	RADIAL	IIIC1R	4150	3500	3140	2840	2700	2620	2580	2530	2495	2465	2445
		IIIC2R	4515	3995	3470	3120	2965	2880	2835	2785	2740	2700	2665
		IIIC3R	4065	3615	3155	2840	2705	2615	2560	2465	2425	2405	2385
	TANGENCIAL	IIIC1T	4065	3535	3100	2895	2695	2615	2570	2460	2445	2420	2395
		IIIC2T	4490	3960	3455	3125	2955	2865	2815	2760	2720	2680	2655
		IIIC3T	4085	3540	3145	2815	2660	2580	2540	2505	2475	2405	2395
	OBLICUO	IIIC1O	4170	3455	3075	2770	2615	2530	2495	2470	2445	2425	2415
		IIIC2O	4080	3575	3145	2825	2645	2555	2520	2485	2460	2420	2400
		IIIC3O	4185	3595	3195	2910	2740	2670	2630	2565	2525	2480	2450

Fuente: Elaboración propia

**CUADRO N° 13: CONTROL DE PESO PARA PROBETAS DE TALADRADO**

ARBOL	TIPO DE CORTE	N° DE PROBETA	P. INICIAL 24/05/19	31/05/019	11/06/019	24/06/019	05/07/019	16/07/019	26/07/019	05/08/019	15/08/019	26/08/019	05/09/019
1	RADIAL	IA1R	1245	990	880	805	775	755	745	735	730	720	720
		IA2R	1240	1020	950	870	825	805	785	775	755	735	730
	TANGENCIAL	IA1T	1195	950	835	760	730	720	715	710	710	700	700
		IA2T	1190	960	850	780	745	730	725	720	715	705	700
	OBLICUO	IA1O	1200	1040	935	880	835	800	770	745	725	715	710
		IA2O	1225	1005	885	820	780	760	750	745	7415	730	725
2	RADIAL	IIB1R	1220	1025	915	850	815	790	780	760	735	725	720
		IIB2R	1260	1040	935	870	830	795	790	775	750	745	740
	TANGENCIAL	IIB1T	1245	1020	910	855	815	790	785	760	745	740	735
		IIB2T	1255	1060	945	875	830	805	795	780	760	750	740
	OBLICUO	IIB1O	1245	1015	940	880	805	790	785	780	750	740	735
		IIB2O	1255	1055	935	870	825	805	795	785	765	745	740
3	RADIAL	IIIC1R	1235	1065	970	900	860	820	800	775	750	735	725
		IIIC2R	1225	1065	955	885	840	785	780	760	745	730	720
	TANGENCIAL	IIIC1T	1230	1020	910	840	795	780	770	765	745	730	725
		IIIC2T	1205	1005	890	815	775	760	745	740	730	720	705
	OBLICUO	IIIC1O	1240	1035	925	850	800	780	765	765	755	740	730
		IIIC2O	1250	1050	940	860	815	795	775	770	760	745	735

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 Determinación de Contenido de Humedad

Las probetas de dimensiones: 4x 10x 100 y 3x12x30 cm de longitud en los planos radial tangencial y oblicuo, han tenido un contenido de humedad de 90.52% al iniciar el proceso de secado, el control de peso de las tablas se realizaron cada 10 días durante 3 meses y 12 días donde se estabilizó la humedad en la madera.

**CUADRO N° 14: CONTROL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PARA PROBETAS DE CEPILLADO, LIJADO, TORNEADO Y MOLDURADO**

N° DE ARBOL	TIPO DE CORTE	N° DE PROBETA	CH% INICIAL 24/05/19	31/05/019	11/06/019	24/06/019	05/07/019	16/07/019	26/07/019	05/08/019	15/08/019	26/08/019	05/09/019
1	RADIAL	IA1R	90.52	64.42	50.90	38.32	27.41	21.48	14.12	13.17	12.46	12.22	12.22
		IA2R	90.52	63.59	53.04	29.93	21.40	16.02	13.32	11.98	11.53	11.08	10.86
		IA3R	90.52	64.45	49.58	36.77	20.76	15.96	13.44	11.84	10.93	10.24	10.01
	TANGENCIAL	IA1T	90.52	62.45	44.38	28.92	22.49	18.69	17.26	15.83	14.88	13.22	12.74
		IA2T	90.52	66.64	42.29	25.65	18.65	15.52	13.11	12.38	10.94	10.69	10.45
		IA3T	90.52	62.94	44.16	29.10	22.61	19.60	18.21	16.12	14.27	13.11	12.18
	OBLICUO	IA1O	90.52	62.59	45.10	30.57	24.21	20.58	18.31	16.49	14.45	12.63	12.40
		IA2O	90.52	69.94	51.21	34.34	27.17	22.31	18.84	16.76	14.91	12.83	12.60
		IA3O	90.52	67.40	48.44	33.18	26.47	22.31	18.38	16.30	14.68	13.29	12.60
2	RADIAL	IIB1R	90.52	63.53	48.08	34.70	27.78	22.94	19.94	17.40	15.33	13.94	12.79
		IIB2R	90.52	62.21	48.51	35.70	25.59	21.55	18.85	16.83	13.23	11.89	11.21
		IIB3R	90.52	64.57	47.05	35.29	25.53	20.88	17.77	16.00	12.23	11.78	11.78
	TANGENCIAL	IIB1T	90.52	73.30	51.42	37.86	34.70	25.88	22.49	18.43	15.94	13.23	12.78
		IIB2T	90.52	70.97	50.28	36.64	27.54	20.04	16.86	14.58	13.22	12.77	12.77
		IIB3T	90.52	65.62	50.82	35.55	26.39	19.57	16.52	14.17	13.00	12.53	11.82
	OBLICUO	IIB1O	90.52	62.06	49.61	36.28	27.16	20.49	17.16	15.16	13.60	12.27	11.38
		IIB2O	90.52	60.63	47.85	30.97	23.67	19.10	16.59	14.54	13.40	12.94	12.03
		IIB3O	90.52	60.95	48.76	31.83	23.48	18.74	16.03	14.22	12.19	11.06	10.61
3	RADIAL	IIIC1R	90.52	60.68	44.15	30.38	23.95	20.28	18.44	16.15	14.54	13.16	12.25
		IIIC2R	90.52	68.58	46.42	31.66	25.11	21.53	19.63	17.52	15.62	13.93	12.46
		IIIC3R	90.52	69.43	47.87	33.11	26.78	22.56	19.98	15.53	13.66	12.72	11.78
	TANGENCIAL	IIIC1T	90.52	65.68	45.29	35.68	26.31	22.56	20.45	15.30	14.59	13.42	12.25
		IIIC2T	90.52	68.03	46.60	32.60	25.39	21.57	19.45	17.11	15.42	13.72	12.66
		IIIC3T	90.52	65.10	46.68	31.29	24.06	20.33	18.46	16.83	15.43	12.17	11.70
	OBLICUO	IIIC1O	90.52	57.85	40.49	26.56	19.47	15.59	13.99	12.85	11.71	10.79	10.34
		IIIC2O	90.52	66.94	46.86	31.92	23.51	19.31	17.67	16.04	14.87	13.00	12.07
		IIIC3O	90.52	63.66	45.45	32.48	24.74	21.55	19.73	16.77	14.95	12.90	11.54

Fuente: Elaboración propia

### CUADRO N° 15: CONTROL DE CONTENIDO DE HUMEDAD PARA PROBETAS DE TALADRADO

N° DE ARBOL	TIPO DE CORTE	N° DE PROBETA	CH% INICIAL 24/05/19	31/05/2019	11/06/2019	24/06/2019	05/07/2019	16/07/2019	26/07/2019	05/08/2019	15/08/2019	26/08/2019	05/09/2019
1	RADIAL	IA1R	90.52	51.50	34.66	23.19	18.60	15.54	14.01	12.48	11.71	10.18	10.18
		IA2R	90.52	56.72	45.96	33.67	26.76	23.68	20.61	19.08	16.00	12.93	12.16
	TANGENCIAL	IA1T	90.52	51.46	33.12	21.17	16.38	14.79	13.99	13.20	13.20	11.60	11.60
		IA2T	90.52	53.70	36.09	24.88	19.28	16.87	16.07	15.27	14.47	12.87	12.07
	OBLICUO	IA1O	90.52	65.12	48.45	39.71	32.57	27.01	22.25	18.28	15.11	13.52	12.72
		IA2O	90.52	56.30	37.64	27.53	21.31	18.20	16.64	15.87	1053.23	13.53	12.76
2	RADIAL	IIB1R	90.52	60.07	42.89	32.74	27.27	23.37	21.81	18.68	14.78	13.22	12.44
		IIB2R	90.52	57.25	41.38	31.55	25.50	20.21	19.45	17.18	13.40	12.65	11.89
	TANGENCIAL	IIB1T	90.52	56.09	39.26	30.84	24.72	20.89	20.13	16.30	14.01	13.24	12.48
		IIB2T	90.52	60.92	43.46	32.83	26.00	22.21	20.69	18.41	15.37	13.86	12.34
	OBLICUO	IIB1O	90.52	55.32	43.85	34.66	23.19	20.89	20.13	19.36	14.77	13.24	12.48
		IIB2O	90.52	60.16	41.94	32.07	25.24	22.21	20.69	19.17	16.13	13.10	12.34
3	RADIAL	IIIC1R	90.52	64.29	49.64	38.84	32.67	26.50	23.41	19.56	15.70	13.39	11.84
		IIIC2R	90.52	65.64	48.53	37.64	30.64	22.09	21.31	18.20	15.87	13.53	11.98
	TANGENCIAL	IIIC1T	90.52	57.99	40.95	30.11	23.14	20.82	19.27	18.49	15.40	13.07	12.30
		IIIC2T	90.52	58.90	40.72	28.86	22.53	20.16	17.79	17.00	15.42	13.84	11.47
	OBLICUO	IIIC1O	90.52	59.02	42.12	30.60	22.92	19.84	17.54	17.54	16.00	13.70	12.16
		IIIC2O	90.52	60.04	43.27	31.08	24.22	21.17	18.12	17.36	15.84	13.55	12.03

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1 Fórmula para el control del Contenido de Humedad

Para obtención de datos de control del contenido de humedad CHc se utilizó la siguiente fórmula.

$$CHc = \frac{Pc}{Pi} (Chi + 100) - 100$$

CHc = contenido de humedad de control (%).

Pc = peso de control (gr).

Pi = peso inicial (gr).

Chi = contenido de humedad inicial (%).

#### 4.4 Evaluación de Defectos

Los defectos se evaluaron de forma visual en las piezas de 4x10x100 solo presentó defectos leves a causa de los nudos como agrietamiento en dos piezas de las 27, las cuales se las repuso con piezas que se tenía para remplazo En las probetas de 3x12x30 se presentó también defectos leves como acanaladura en cuatro de las 18 probetas esta fue eliminada pasándola por una cepilladora antes de ser sometidas al ensayo de taladrado.

## 4.5 Resultados de ensayos de Cepillado

### CUADRO N° 16: RESULTADOS DEL ENSAYO DE CEPILLADO

NOMBRE COMÚN

Blanquillo

NOMBRE CIENTÍFICO

*Ruprechtia laxiflora* Meisser

ESTADO DE LA MADERA	ANGULO	SIMBOLOGIA		CALIFICACION VELOCIDAD CONSTANTE 12m/min											
				TANGENCIAL				RADIAL				OBLICUO			
				→		←		→		←		→		←	
MADERA SECA	15°	X	X%	1,333	1,333	1,833	1,177	1,722	1,555	2,000	1,777	1,055	1,000	1,277	1,111
		S%	SD	0,500	1.23	0,354	1,582	0,440	1,50	0,500	1,700	0,205	1,038	0,363	1,193
		N	K	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3
MADERA SECA	30°	X	X%	1,777	1,333	2,111	1,777	1,667	1,444	2.056	1,889	1,278	1,000	1,444	1,111
		S%	SD	0,263	1,544	0,417	1,778	0,354	1,467	0,340	1,739	0,263	1,195	0,301	1,311
		N	K	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3

X	promedio de los grado de defecto
X%	promedio de los porcentaje de extencion de defecto
S%	desviacion estandar entre probetas
SD	defecto dominante
N	numero de probetas
K	numero de arboles

Fuente: Elaboración propia

### 4.5.1 Análisis de resultados del Cepillado

El ensayo se realizó a una velocidad de alimentación de 12m/min, en los planos tangencial, radial y oblicuo para corte a favor y en contra del grano, Después de cada uno de los ensayos realizados, las probetas se evaluaron visualmente exponiéndolas a la luz natural, para identificar los defectos que presenta al cepillado la madera de la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner).

Con la finalidad de definir las condiciones más adecuadas de cepillado, se analizó el efecto de los ángulos de corte de 15° y 30°, se observó que a mayor ángulo de corte los defectos resaltan más ya sea en corte radial, tangencial y oblicuo. De acuerdo a resultados que se obtuvieron del cepillado de la madera del blanquillo para un Ángulo de 15° se considera dentro del grado de calidad de buena de 1-2 considerando un porcentaje de piezas libre de defectos de 80 a 90 % con defectos lijeros , y para un Angulo de 30° para corte en favor del grano en los tres planos de corte se la calificó

como buena con piezas libre de defectos de 80-90% con defectos lijeros y para corte en contra grano para planos tangencial y radial se las califico como regular y para el plano oblicuo se la califico como buena considerando un porcentaje de pieza libre de defecto de 80 – 90 % con defectos lijeros.

#### 4.5.2 Reporte de defectos secundarios del Cepillado

Como defectos secundarios del cepillado se consideró la calificación respecto al área de los defectos y gravedad del defecto que se encontró en la madera.

**CUADRO N° 17: REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL CEPILLADO A 15°**

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
9	Tangencial	→ A favor del grano	1,333 leve	1,16 leve	1,26 leve
9	Tangencial	← En contra del grano	1,833 leve	1,416 leve	1,666 leve
PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
9	Radial	→ A favor del grano	1,722 leve	1,361 leve	1,577 leve
9	Radial	← En contra del grano	2,000 leve	1,500 leve	1,800 leve
PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
9	Oblicuo	→ A favor del grano	1,055 leve	1,027 leve	1,044 leve
9	Oblicuo	← En contra del grano	1,277 leve	1,138 leve	1,222 leve

Fuente: Elaboración propia

Los defectos más frecuentes fueron de grano arrancado, grano levantado que se consideran como grano dominante tanto a favor y a contra grano, los cuales se encuentran dentro del rango de 1-2 por lo que se los califica como calidad de buena con piezas libre de defecto de 80 – 90 % con defectos lijeros.

**CUADRO N° 18: REPORTE DE DEFECTOS SECUNDARIOS DEL CEPILLADO A 30°**

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
9	Tangencial	→ A favor del grano	1,777 leve	1,388 leve	1,622 leve
9	Tangencial	← En contra del grano	2,111 acentuado	1,556 leve	1,889 leve
PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
9	Radial	→ A favor del grano	1,667 leve	1,334 leve	1,534 leve
9	Radial	← En contra del grano	2,056 acentuado	1,528 leve	1,845 leve
PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
			Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
9	Oblicuo	→ A favor del grano	1,278 leve	1,139 leve	1,222 leve
9	Oblicuo	← En contra del grano	1,444 leve	1,222 leve	1,355 leve

Fuente: Elaboración propia

Los defectos más frecuentes en el corte a favor del grano fueron grano arrancado, grano levantado que se consideran como grano dominante categorizándola con calidad de 1 – 2 como buena y a contra grano el defecto que más se presentó en los cortes tangencial y radial fue el grano arrancado categorizándolas con rango y calidad de 2 -

3 como regular y mientras que en el corte oblicuo se la categorizó con rango y calidad de 1 – 2 como buena.

#### 4.5.3 Discusión

Dado los resultados obtenidos en el cepillado y comparando con los estudios de trabajabilidad de otra especie existe diferencia, siendo que solo para el ángulo de 30° a corte en contra grano para planos tangencial y radial el defecto que más se presentó fue el grano arrancado categorizándolas con rango y calidad de 2 - 3 como regular para la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) comparada a la especie Timboy (*Enterolobium contortisiliquum*) (vell.) morong., obtenido por José Eduardo Pérez Ávila en la misma carpintería que indica que para un ángulo a 30° a corte de favor y contra grano en los tres planos tangencial, radial, oblicuo y de la misma manera para un ángulo de corte de 15° a contra grano en los tres planos el defecto que más se presentó fue el grano astillado y arrancado categorizándolas con rango y calidad de 2 - 3 como regular. Por lo que se ve que la madera blanquillo tiene una mejor trabajabilidad en el cepillado respecto a la madera del Timboy.

#### 4.6 Resultados del ensayo de Lijado

### CUADRO N° 19: RESULTADOS DEL ENSAYO DE LIJADO

ESTADO DE LA MADERA		ORIENTACION		SIMBOLOGIA		DEFECTOS				VELOCIDAD DE ENSUCIAMIENTO	FACILIDAD DE REMOCION DE LA SUCIEDAD	VELOCIDAD DE DESGASTE DE ABRACIVOS	TEMPERATURA DE LIJA	
				RAYADO		VELLOSIDAD								
						→	←	→	←					
MADERA SECA	TANGENCIAL	O	S	1,167	0,250	1,444	0,301	1,000	0,000	1,000	0,000	A	B	B
		N	K	9	3	9	3	9	3	9	3			
MADERA SECA	RADIAL	O	S	1,111	0,221	1,389	0,221	1,000	0,000	1,000	0,000	A	B	B
		N	K	9	3	9	3	9	3	9	3			
MADERA SECA	OBLICUO	O	S	1,056	0,167	1,222	0,263	1,000	0,000	1,000	0,000	A	B	B
		N	K	9	3	9	3	9	3	9	3			

<b>O</b>	Valor promedio de grados de defecto	<b>A</b>	ALTA
<b>S</b>	Desviación estándar entre probetas	<b>B</b>	MEDIA
<b>N</b>	Número de probetas	<b>C</b>	BAJA
<b>K</b>	Número de arboles		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.1 Análisis del resultado del Lijado

De acuerdo las especificaciones de la Norma se utilizaron dos tipos de lija N°/60 y 100. La evaluación de las probetas se realizó después de procesarlas con la lija N°/100. Las probetas se evaluaron visualmente, clasificándolas en el rangos del 1 al 5 como especifica el cuadro N° 9, con base a los defectos de rayones y vellosidades.

Los resultado de ensayo de lijado fueron positivos en los defectos a analizar, encontrándose para el rayado un rango entre 1 – 2 calificándola como buena, con un porcentaje de piezas libre de defecto de 80 – 90 %, y para vellosidad un rango de 0 – 1 calificándola como excelente con un porcentaje de piezas libre de defecto de 90 – 100 % sin defectos.

También se calificó la velocidad de ensuciamiento de la lija como alta y mientras que la temperatura, facilidad de remoción de suciedad, facilidad de desgaste de abrasivos y temperatura de lija se la califico como media.

#### 4.6.2 Discusión

los resultados obtenidos en el lijado y comparando con estudios de trabajabilidad de otra especie existe diferencia siendo que en los defectos a analizar, el rayado se lo categorizo en un rango entre 1 – 2 calificándola como buena, con un porcentaje de piezas libre de defecto de 80 – 90 %, y la vellosidad con un rango de 0 – 1 calificándola como excelente con un porcentaje de piezas libre de defecto de 90 – 100 % sin defectos para la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) comparada a la especie timboy (*Enterolobium contortisiliquum*) (vell.) morong., estudio realizado por por José eduardo perez ávila en la misma carpintería que indica que en los defectos a analizar, rayado y vellosidad categorizada en un rango entre 1 – 2 calificándola como buena, con un porcentaje de pieza libre de defecto de 80 – 90 %. De igual manera se ve que en el ensayo de lijado la madera blanquillo se comporta mejor al no presentar defectos de vellosidad respecto al Timboy.

#### 4.7 Resultados del ensayo de Moldurado

### CUADRO N° 20: RESULTADOS DEL ENSAYO DE MOLDURADO (CALIFICACIÓN EN CORTE DOBLE)

NOMBRE COMÚN

Blanquillo

NOMBRE CIENTÍFICO

*Ruprechtia laxiflora* Meisser

SENTIDO	ANCHO DE MARCA (mm)			SIMBOLOGIA	CALIFICACION								
	T	R	O		TANGENCIAL			RADIAL			OBLICUO		
					ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO	ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO	ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO
→ A FAVOR DEL GRANO	1	1	1	O (g)	2,000	1,833	1,500	2,000	1,667	1,333	1,833	1,500	1,333
				S (g)	0,000	0,289	0,000	0,000	0,289	0,289	0,289	0,289	0,289
				O(%)	1,000	1,000	1,000	1,000	1,333	1,667	1,000	1,000	1,000
				S (%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,577	0,557	0,000	0,000	0,000
				N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
				K	3	3	3	3	3	3	3	3	3
← EN CONTRA DEL GRANO	1	1	1	O (g)	2,000	2,000	1,833	1,833	1,833	1,833	2,000	1,667	1,500
				S (g)	0,500	0,000	0,289	0,289	0,289	0,289	0,500	0,289	0,000
				O(%)	1,667	1,667	1,667	1,667	1,333	1,667	1,667	1,333	1,000
				S (%)	0,577	0,577	0,577	0,577	0,577	0,557	0,577	0,577	0,000
				N	3	3	3	3	3	3	3	3	3
				K	3	3	3	3	3	3	3	3	3
O (g)	PROMEDIO DE LOS GRADO DE DEFECTO												
S (g)	DESVIACION ESTANDAR ENTRE PROBETAS DEL GRADO DE DEFECTO												
O(%)	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE EXTENCION DEL DEFECTO												
S (%)	DESVIACION ESTANDAR ENTRE PROBETAS DE LA EXTENCION DEL DEFECTO												
N	NUMERO DE PROBETAS												
K	NUMERO DE ARBOLES												

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.1 Análisis de resultados del Moldurado (corte doble)

Las probetas se evaluaron visualmente exponiéndolas a la luz natural, para identificar los defectos que presenta al someter a una maquina molduradora la madera de la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner).

El resultado del ensayo de moldurado en el corte doble considerando la dirección del grano orientación de la probeta y tipo de corte se lo pudo calificar de 1 – 2 calificándola como buena para grano arrancado grano astillado y grano vellosos con un porcentaje de piezas sin defectos de 80 a 90, es decir con defectos lijeros. Sin embargo a contra grano el defecto más notorio es el grano arrancado.

## CUADRO N° 21: RESULTADOS DEL ENSAYO DE MOLDURADO (CALIFICACIÓN EN CORTE SIMPLE)

NOMBRE COMÚN Blanquillo

NOMBRE CIENTÍFICO *Ruprechtia laxiflora* Meissner

SENTIDO	ANCHO DE MARCA (mm)			SIMBOLOGIA	CALIFICACION									
	T	R	O		CORTE SIMPLE									
					TANGENCIAL			RADIAL			OBLICUO			
				ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO	ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO	ARRANCADO	ASTILLADO	VELLOSO		
→ A FAVOR DEL GRANO	1	1	1	O (g)	1,333	1,667	1,500	2,000	1,667	2,000	1,667	1,333	1,667	
				S (g)	0,289	0,289	0,000	0,000	0,289	0,500	0,557	0,289	0,289	
				O (%)	2,000	1,333	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
				S (%)	0,000	0,577	0,000	0,000	0,289	0,000	0,000	0,000	0,000	
				N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
				K	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
← EN CONTRA DEL GRANO	1	1	1	O (g)	2,000	2,000	1,667	2,167	2,000	1,500	2,333	1,667	2,250	
				S (g)	0,866	0,500	0,289	0,289	0,500	0,000	0,577	0,289	1,046	
				O (%)	1,667	1,667	1,333	1,333	1,333	1,000	2,000	1,333	2,000	
				S (%)	0,577	0,577	0,577	0,577	0,577	0,000	1,000	1,000	0,577	1,000
				N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
				K	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
O (g)	PROMEDIO DE LOS GRADO DE DEFECTO													
S (g)	DESVIACION ESTANDAR ENTRE PROBETAS DEL GRADO DE DEFECTO													
O (%)	PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE EXTENCION DEL DEFECTO													
S (%)	DESVIACION ESTANDAR ENTRE PROBETAS DE LA EXTENCION DEL DEFECTO													
N	NUMERO DE PROBETAS													
K	NUMERO DE ARBOLES													

Fuente: Elaboración propia

### 4.7.2 Análisis de resultados del Moldurado (corte simple)

El resultado del ensayo de moldurado en el corte simple, considerando la dirección a favor del grano, orientación de la probeta y tipo de corte se lo pudo calificar en un rango de 1-2 considerándola de calidad buena. Con un porcentaje de piezas libre de defecto 80-90 %. Con defectos ligeros y mientras que para el ensayo en contra del grano se tuvo una calificación de 1 – 2 para grano astillado calificándola como buena mientras que para el grano arrancado y velloso se la califico de 2 – 3 como regular con piezas libre de defectos de 60 – 80 %.

### 4.7.3 Discusión

El resultado obtenido en el ensayo de moldurado y comparando con estudios de trabajabilidad de otra especie existe diferencia siendo que en los defectos a analizar y considerando la dirección del grano orientación de la probeta y tipo de corte para grano arrancado grano astillado y grano velloso se lo pudo calificar de 1 – 2 calificándola

como buena con un porcentaje de piezas sin defectos de 80 a 90, es decir con defectos lijeros y para grano arrancado y belloso para corte a contra grano se la califico de 2 – 3 como regular con piezas libre de defectos de 60 – 80 % para la especie blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) comparada a la especie timboy (*Enterolobium contortisiliquum*) (vell.) morong., estudio realizado por José Eduardo Pérez Ávila en la misma carpintería que indica de acuerdo a los defectos a analizar, considerando la dirección del grano orientación de la probeta y tipo de corte las categorizo de 0 – 1 y de 1 – 2 calificándola como buena a excelente con un porcentaje de piezas sin defectos de 80 a 90 y 90 a 100, con defectos lijeros. Donde se puede ver que la madera blanquillo en el ensayo de moldurado a un corte a contra grano se comporta de forma regular con respecto a la madera de la especie timboy que se comporta de forma buena, con esto se puede decir que el timboy se comporta mejor que la especie blanquillo para corte a contra grano.

### CUADRO N° 22: RESULTADO DEL ENSAYO DE TALADRADO

NOMBRE COMÚN		Blanquillo													
NOMBRE CIENTÍFICO		<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meisser													
ESTADO DE LA MADERA	REVOLUCIONES	SIMBOLOGIA		TIEMPO DE PENETRACION (SEG.)						CALIFICACION					
				TANGENCIAL		RADIAL		OBLICUO		TANGENCIAL		RADIAL		OBLICUO	
MADERA SECA	500 RPM	O	S	7,725	0,529	7,845	0,663	7,940	0,310	2,333	0,577	2,333	0,577	1,667	0,577
		N	K	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
MADERA SECA	1000 RPM	O	S	5,557	0,154	5,373	0,356	5,722	0,170	1,333	0,557	1,667	0,557	1,333	0,557
		N	K	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
		O	VALOR PROMEDIO												
		S	DESVIACION ESTANDAR ENTRE PROBETAS												
		N	NUMERO DE PROBETAS												
		K	NUMERO DE ARBOLES												

Fuente: Elaboración propia

## 4.8 Resultados de ensayos de Taladrado

### 4.8.1 Análisis de resultados del Taladrado

Los resultados del ensayo de taladrado considerando la orientación se evaluó las probetas con tiempo de perforación de 500 r.p.m con un rango de 2 – 3 para el corte

tangencial y radial calificándola como regular con porcentaje de piezas libres de defecto de 60 – 80 % y para el corte oblicuo se la califico de 1 – 2 calificándola como buena con piezas libre de defecto de 80 – 90 % y para la perforación de 1000 rpm considerando la orientación con un rango de 1-2 calificándola como buena con piezas libre de defecto de 80 – 90 % concluyendo a mayor revolución por minuto menor defecto.

#### 4.8.2 Reporte de Defectos secundarios del Taladrado

Se toma en cuenta como defectos secundarios del taladrado la calificación respecto a la gravedad de los defectos que se encontró en la madera.

**CUADRO N° 23: REPORTE SECUNDARIO DEL TALADRADO A 500 RPM**

ORIENTACIÓN	PROBETAS	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
	N°	GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
TANGENCIAL	3	1,500 leve	1,333 leve	2,500 acentuado

Taladrado en corte tangencial defecto dominante grano levantado categorizados como calidad regular.

ORIENTACIÓN	PROBETAS	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
	N°	GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
RADIAL	3	1,667 leve	1,333 leve	2,333 acentuado

Taladrado en corte radial defecto dominante grano levantado categorizado como calidad de regular.

ORIENTACIÓN	PROBETAS	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
	N°	GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
OBLICUO	3	1,500 leve	1,167 leve	1,667 leve

Taladrado en corte oblicuo defecto dominante grano levantado categorizada como buena.

Fuente: Elaboración propia

### CUADRO N° 24: REPORTE SECUNDARIO DEL TALADRADO A 1000 RPM

ORIENTACIÓN	PROBETAS	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
	N°	GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
TANGENCIAL	3	1,167 leve	1,000 muy leve	1,333 leve

Taladrado en corte tangencial defecto dominante grano levantado categorizada como calidad de buena.

ORIENTACIÓN	PROBETAS	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
	N°	GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
RADIAL	3	1,000 muy leve	1,000 muy leve	1,167 leve

Taladrado en corte radial defecto dominante grano levantado categorizada como calidad de buena.

ORIENTACIÓN	PROBETAS	GRAVEDAD DEL DEFECTO		
	N°	GRANO ARRANCADO	GRANO VELLOSO	GRANO LEVANTADO
OBLICUO	3	1,000 muy leve	1,000 muy leve	1,167 leve

Taladrado en corte oblicuo defecto dominante grano levantado categorizo como calidad de buena.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.3 Discusión

Dado los resultados obtenidos en el presente ensayo de taladrado de la madera blanquillos (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) para perforación a 1000 rpm se la califico como buena con un rango de 1-2 y para taladrado a 500 rpm se calificó de buena a regular siendo que en los planos tangencial y radial predomino el defecto de grano levantado calificándola como regular de 2-3 comparada con la especie timboy (*Enterolobium contortisiliquum*) (vell.) morong., estudio realizado por por José Eduardo Pérez Ávila indica, que para la perforación a 1000 r.p.m. y 500 r.p.m en los

tres tipos de corte tangencial, radial y oblicuo la mayoría obtiene una calificación de buena a excepto de radial y oblicuo que obtuvo una calificación de regular y mala cuando se trabajó con 500 r.p.m. donde se ve que existe diferencia entre estas dos especies cuando se trabajó a 500 rpm. Donde la especie blanquillo presenta defectos calificado como regular en los cortes radial y tangencial mientras que la especie Timboy presenta en los corte radial regular y oblicuo malo por lo que se define que el blanquillo se comporta mejor al taladrado siendo que en el corte oblicuo se lo calificó dentro del rango y calidad de 1-2 como buena.

#### 4.9 Resultados de ensayos de Torneado

##### CUADRO N° 25: RESULTADOS DEL ENSAYO DE TORNEADO

NOMBRE COMÚN	Blanquillo
NOMBRE CIENTÍFICO	<i>Ruprechtia laxiflora</i> Meissner

ÁNGULO DE CORTE	SIMBOLOGIA	CORTE PARALELO AL GRANO				
		TIEMPO EN SEGUNDOS	NUMERO		DEFECTOS	
			CORTE (N)	ARBOLES (K)	GRANO ARRANCADO	GRANO BELLOSO
ÁNGULO DE CORTE 0°	O	51,80	3	3	1,333 bueno	1,000 excelente
	S	1,954	3	3	0,289	0,000
ÁNGULO DE CORTE 15°	O	50,04	3	3	2,167 regular	1,167 bueno
	S	1,497	3	3	0,289	0,289
ÁNGULO DE CORTE 40°	O	50,34	3	3	2,000 bueno	1,000 excelente
	S	0,828	3	3	0,000	0,000

O	VALOR PROMEDIO
S	DESVIACION ESTANDAR ENTRE PROBETAS
N	NUMERO DE PROBETAS
K	NUMERO DE ARBOLES

Fuente: Elaboración propia

##### 4.9.1 Análisis de resultados del Torneado

Las probetas de torneado se analizaron visualmente exponiéndolas a la luz natural, evaluándolas en una escala de 1 a 5, con base a una presencia y ausencia de los defectos de grano arrancado y velloso. El resultado obtenido nos indica que en cualquier ángulo de corte la mayor presencia de defectos se encuentra en el grano arrancado;

Los resultados del ensayo de torneado según el ángulo 0° se calificó como buena en grano arrancado con piezas libre de defectos de 80- 90 % con defectos lijeros y excelente en grano veloso con piezas libre de defecto de 90 – 100% sin defectos.

El resultado para el ángulo de 15° se calificó como regular en grano arrancado con piezas libre de defecto de 60 – 80 % y buena en el defecto grano veloso con piezas libre de defecto de 80 – 90% con defectos lijeros.

Posteriormente en el ángulo de 40° se calificó como buena en grano arrancado con piezas libre de defecto de 80 – 90 % con defectos lijeros y excelente en el defecto grano veloso con piezas libre de defecto de 90 – 100 % sin defectos.

#### **4.9.2 Discusión**

Dado los resultados obtenidos en el ensayo de torneado con base a una presencia y ausencia de los defectos de grano arrancado y veloso. Se calificó de 0-1,1-2 y de 2-3 calificando como excelente buena y regular comparado con ensayo la Timbo (*Enterolobium contortisiliquum*) (vell.) morong., estudio realizado por José Eduardo Pérez Ávila indica, resultados negativos categorizándoles dentro del rango de 2-3, 3-4 y 4-5 calificándola como regular, mala y deficiente. Dándole un porcentaje de piezas sin defectos promedio al menos de 50 % con defectos severos. De la misma manera se ve la diferencia entre estas dos especies donde la madera blanquillo se comporta mejor en este ensayo obteniendo un mejor acabado con ángulos de corte de 0° y 40°.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

Con la aplicación de la norma correspondiente y a un contenido de humedad CH% del 10.01 a 12.79% se desarrolló los ensayos de Cepillado, Moldurado, Torneado, Taladrado y Lijado obteniendo las siguientes conclusiones:

- El comportamiento de la madera en la operación de cepillado a favor y en contra del grano en los planos tangencial, radial y oblicuo de la madera blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner), de acuerdo a los resultados obtenidos con un ángulo de corte de 15° se calificó de calidad buena y para un ángulo de corte de 30° se calificó de buena a regular, presentando mejores resultados en la madera cepillando a favor del grano comparado con el corte en contra del grano y considerando los resultados el efecto de los ángulos de corte a 15° y 30°, se observó que a mayor ángulo de corte los defectos resaltan más tanto en favor y en contra grano en los planos radial, tangencial y oblicuo.

Los defectos más frecuentes fueron grano arrancado y grano levantado que se consideran como grano dominante tanto a favor y a contra grano, la severidad de estos defectos fueron en general bajos ya que pueden ser eliminados con el proceso de lijado, demostrando con esto que la madera blanquillo tiene una buena trabajabilidad en el cepillado

- De acuerdo a los resultados obtenidos en los defectos a analizar el comportamiento de la madera del blanquillo en la operación de lijado en los cortes a favor y contra grano en los tres planos se calificó con calidad de bueno el defecto de rayado y excelente el defecto de vellosidad, entonces la madera del blanquillo demuestra una buena trabajabilidad en el lijado con lija N° 100 presentando mejores resultados lijando a favor del grano, comparando con el lijado en contra del grano.
- El comportamiento de la madera blanquillo en la operación de moldurado en el corte doble en favor y contra grano en los planos tangencial, radial y oblicuo, se lo pudo calificar como calidad buena los defectos grano arrancado, grano astillado,

grano vellosa y los resultados del ensayo de moldurado en el corte simple se lo califico de calidad buena a regular siendo un factor importante la dirección de grano se obtuvo buenos resultados realizando el corte a favor del grano tanto en corte simple y corte doble, sin embargo a contra grano el defecto más notorio es el grano arrancado.

La severidad de los defectos fueron bajos demostrando con esto que la madera blanquillo tiene una buena trabajabilidad en el moldurado

- El comportamiento de la madera en la operación del taladrado considerando la orientación de las probetas se evaluó la perforación con 500 r.p.m donde se tuvo un calificación de perforado de buena a regular y los resultados para perforación a 1000 r.p.m. se la califico como buena, presentando como defecto dominante el grano levantado y concluyendo a mayor revolución por minuto menor fue el defecto presentando una buena calidad en el perforado de la madera blanquillo a 1000 r.p.m.
- El comportamiento de la madera en la operación de torneado, en los defectos grano arrancado, grano vellosa para un ángulo 0° se calificó de calidad buena y excelente, para un ángulo de 15° se la calificó de buena a regular. Posteriormente para un ángulo de 40° se calificó de calidad buena y excelente presentando como defecto dominante el grano arrancado, los defectos que se presentó son bajos al realizar el torneado a una velocidad de giro de 2200 r.p.m. entonces la madera del blanquillo demuestra una buena calidad en el torneado y viendo los resultados en los tres ángulos de corte nos indica que se obtiene un mejor acabado al trabajar con ángulos de corte de 0° y 40°.

Considerando todos los aspectos observados se puede determinar que la madera del blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner), tiene una buena trabajabilidad en el maquinado, tanto en cepillado, lijado, taladrado, moldurado y torneado.

## **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda parafinar los extremos de la madera aserrada, y no exponer de forma directa al sol durante el secado con el fin de evitar defectos como rajaduras.

- Se recomienda trabajar la madera con dirección de corte a favor del grano en las operaciones de maquinado como cepillado, lijado y moldurado para obtener un mejor acabado.
- Se recomienda que antes de hacer uso de las máquinas para la ejecución de los ensayos de cepillado, moldurado, taladrado y torneado se debe observar que las herramientas de desgaste a la madera deben estar en buen estado y bien afiladas para obtener un resultado de calidad.
- Considerando todos los resultados en los diferentes ensayos de la madera del blanquillo (*Ruprechtia laxiflora* Meissner) con un contenido de humedad CH% del 10.01 a 12.79% se pudo comprobar que tiene una buena trabajabilidad, en las operaciones de cepillado, lijado, taladrado, moldurado y torneado., demostrando un buen acabado, por lo tanto se puede recomendar para la elaboración de muebles de carpintería, ebanistería, molduras y torneados.