

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La facilidad con la que puede ser trabajada o labrada la madera ha sido un factor determinante que le ha permitido conservar su posición competitiva ante otros materiales sustitutos. Sin embargo, para definir sus usos óptimos desde el punto de vista técnico y económico, se requiere conocer sus características tecnológicas, entre las cuales se tienen las de maquinado o trabajabilidad.

Las características de maquinado se refieren al comportamiento de la madera al ser procesada con máquinas- herramientas cortantes en las operaciones de cepillado, torneado, moldurado, taladrado y lijado, y se evalúan en función de la suavidad, finura de la superficie donde se efectúa el corte o lijado. La calidad de la superficie labrada depende directamente de las características de las herramientas utilizadas y de algunas propiedades tecnológicas de la madera.

Actualmente, la información que existente sobre el maquinado o trabajabilidad de la madera es poca o nula para muchas especies. Esta deficiencia es, con toda seguridad, una de las razones por las que potenciales usuarios de estas especies no las utilizan, ya que, sin la información adecuada sobre el comportamiento de la madera en el momento de ser trabajada con máquinas y herramientas de carpintería, los industriales prefieren no correr el riesgo de usar especies desconocidas.

Es importante señalar que en Bolivia, la excesiva presión que se tiene sobre las especies valiosas, hace que las mismas entren en una etapa de desequilibrio respecto a su regeneración natural, poniéndolas en peligro de extinción, por lo que es muy significativo la realización de estudios para ampliar el uso de maderas de especies poco conocidas en el mercado, en cuanto a su trabajabilidad.

Por este motivo los estudios de trabajabilidad son muy necesarios para analizar el comportamiento de las especies forestales maderables al ser sometidas al trabajo de las diferentes máquinas de carpintería. Este trabajo pretende contribuir al mejor

conocimiento de la madera de la especie *Cupressus sp*, (Ciprés) con la finalidad de proveer de bases técnicas que permitan la incorporación de nuevas especies a la producción maderera y aportar a la oferta maderable e introducir especies menos conocidas en el mercado.

1.2 Justificación

En Bolivia la demanda de productos maderables y la continua disminución de especies forestales de valor comercial están obligando a buscar nuevas especies que puedan cubrir la demanda del mercado maderero. En nuestro país existe una gran diversidad de formas de vida en la vegetación. Una de ellas es el Ciprés, que a pesar de ser un árbol introducido, su adaptación ha sido favorable ya que es una especie que se encuentra distribuida en diferentes lugares de nuestro país. No obstante de ser plantado como ornamentales y cortinas rompe-vientos a causa de su denso follaje y su resistencia al viento; a estas variedades en nuestra región no se le ha considerado el uso de la madera.; en el futuro puede ser la especie de mayor uso, si es plantado y manejado técnicamente, debido a su rápido crecimiento, buena regeneración natural, madera de buena calidad, y de alta durabilidad. Por este motivo se quiere dar a conocer una nueva especie, Ciprés (*Cupressus sp*), que en varios países es usada en carpintería, ebanistería, por su delicada coloración de su madera (pardo amarillento claro).

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 las especies forestales maderables al ser sometidas al trabajo.

Para de diferenciar la oferta maderable en la industria maderera y carpintería en general, como también especies exóticas en el mercado, se realizará los ensayos de trabajabilidad del Ciprés (*Cupressus sp*) determinando el verdadero potencial para utilizar la madera de Ciprés en diferentes sectores de la industria maderera del país adecuando las normas establecidas para trabajabilidad de la madera en lo que se

refiere en las operaciones principales de cepillado, moldurado, taladrado, lijado y torneado.

1.3 Hipótesis

La madera de Ciprés (*Cupressus sp*) responde adecuadamente cuando es sometida a los procesos de maquinado en diferentes máquinas de carpintería.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar el comportamiento de la madera de Ciprés (*Cupressus sp*), a las operaciones de maquinado, mediante la norma (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales y las normas COPANT MADERAS 458-460; a fin de recomendar los usos que se pudiera dar a esta madera y así poder aportar a las necesidades del sector forestal.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades de trabajabilidad de la madera de Ciprés (*Cupressus sp*), al proceso de taladrado, lijado, moldurado, torneado con sus diferentes ángulos de corte, como así también al proceso de cepillado en sus cortes radial, tangencial, y oblicuo.
- Recomendar los posibles usos de la madera de Ciprés (*Cupressus sp*), en función de los resultados obtenidos en el presente estudio.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Concepto sobre estructura de la madera

La madera se puede definir como un conjunto de tejidos que se encuentran hacia la parte interna de la corteza. Específicamente es la zona comprendida entre la médula y el cambium vascular y en la misma se cumplen diversas funciones: Conducción de agua y sales minerales absorbidas por la raíz, soporte o resistencia mecánica y almacenamiento de sustancias alimenticias. Corresponde a lo que técnicamente se conoce con el nombre de xilema secundario (León, 2001).

2.2 Partes del tronco

Según León, 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 meristemo lateral presente en las plantas vasculares y el cual produce xilema secundaria y el floema secundario. Es el responsable del crecimiento en grosor de los tallos en las cuales se presenta.

2.2.3 La médula

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

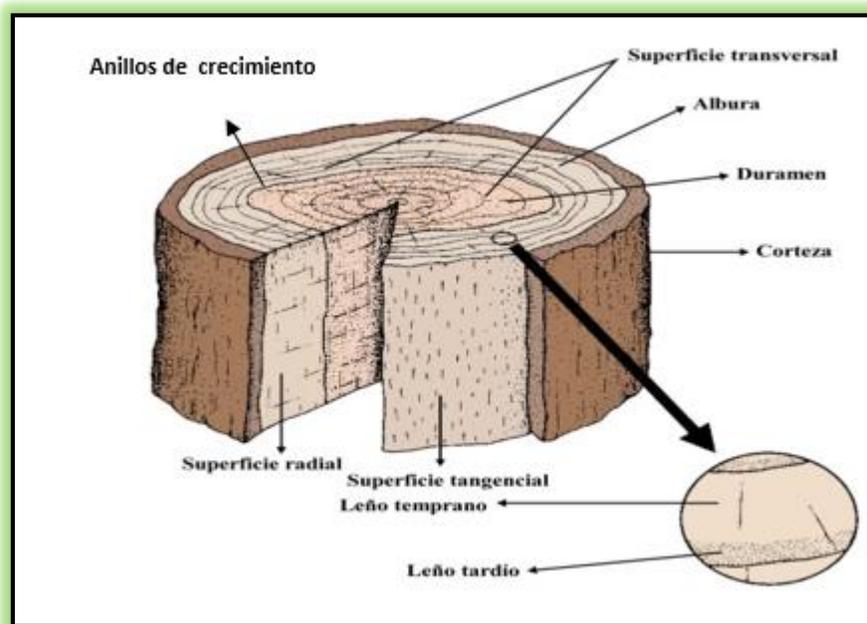
2.2.4 Anillos de crecimiento

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

2.2.5 Albura y duramen

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.

Figura 1 Partes del tronco



Fuente: (Paco, 2012)

2.3 Planos de corte de la madera

Se conoce como planos o sección de corte en la madera a las superficies que resultan al cortar una pieza de madera en diferentes planos. Debido a la manera como crece el árbol y el arreglo de las células xilemáticas dentro del tallo, se reconocen tres planos

principales en los cuales la madera es examinada ordinariamente. Estos planos o superficies son: transversal, radial y tangencial.

Los cortes en un tronco pueden ser de tres tipos (ver Fig.2):

2.3.1 Sección transversal

Es el corte perpendicular al eje longitudinal del tronco o árbol. Es la superficie observable en el extremo de una troza.

En este plano se observan los anillos de crecimiento y sus características: ancho de anillos, porcentaje de madera temprana, madera tardía y tipo de transición entre las mismas. Otros elementos macroscópicos que se observan en esta sección, son el tipo de porosidad, agrupación y disposición de los poros, contenido de los poros, tamaño de los poros, tamaño de los radios, tipo de parénquima, textura y el tipo de transición que existe entre albura y duramen.

En la latifoliadas se observa los vasos o poros y en las coníferas las traqueidas, estas están cortadas transversalmente y se observan como pequeños orificios. (Serrano, 2001).

Al cortar a lo largo del tallo; éste puede ser:

2.3.2 Sección radial

Es el corte paralelo al eje longitudinal del tronco o tallo, donde el mismo es paralelo a los radios y perpendicular a los anillos de crecimiento.

A nivel macroscópico, en este plano se observa el tamaño de los radios, tipo de grano y el lustre o brillo de la madera. El corte más estable es el radial, con respecto a la tangencial porque hay menor contracción.

2.3.3 Sección tangencial

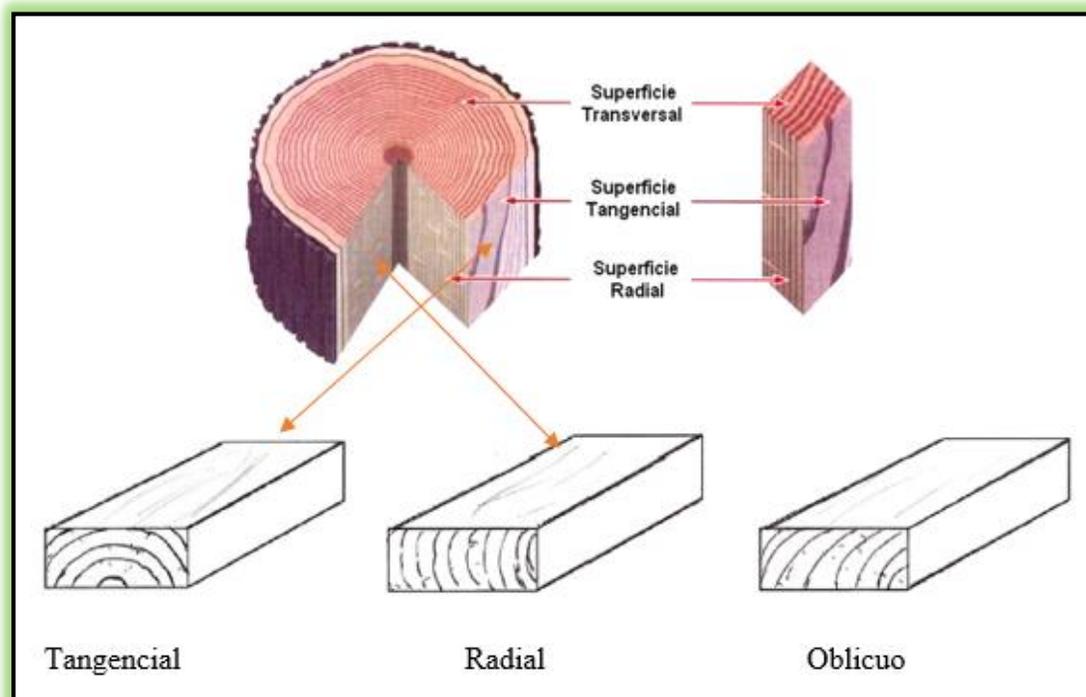
Es el corte paralelo al eje longitudinal del tronco o tallo, donde el mismo es perpendicular a los radios o tangente a los anillos de crecimiento.

En este plano, a nivel macroscópico, se observa la presencia de magnitud de las líneas vasculares. Los radios son visibles a nivel macroscópico, sólo si son de tamaño mediano a grande y se presentan como pequeñas líneas oscuras que se extienden en la dirección longitudinal. La longitud de esa línea representa la altura del radio (Serrano, 2001).

2.3.4 Corte oblicuo (falso cuarteado)

Cuando se realiza de manera intermedia entre el corte tangencial y el corte radial (Serrano, 2001).

Figura 2 Plano de cortes de la madera



Fuente: Ilustración propia

2.4 Defectos de la madera

2.4.1 Defectos naturales de la madera

(Serrano,2001) la madera no es un material manufacturado como el concreto y el acero, sino un producto natural renovable el cual se desarrolla generalmente al aire

libre y expuesto continuamente a condiciones variables de viento e intemperismo. Es común que presente diversas características asociadas al proceso de crecimiento de los árboles. A estas características les llamamos “defectos”. Tienen su origen cuando el árbol está en pleno proceso de desarrollo. Los principales defectos naturales que se presentan en la madera son:

2.4.1.1 Médula incluida

Cuando esta parte del tronco queda incluida dentro de una pieza de madera aserrada es considerada como un defecto por representar una zona débil y fácilmente degradable. Está conformada por los anillos de crecimiento inicial del tronco constituidos por células de parénquima o células muertas.

2.4.1.2 Nudos

Los nudos son las bases de las ramas encerradas entre la madera del tronco. La madera de los nudos se destaca por su color más oscuro y tiene un sistema independiente de capas. Estos nudos hacen difícil el trabajo de la madera, y si son sueltos, puede desprenderse dejando huecos, los nudos son quizás el defecto natural más común en la madera.

2.4.1.3 Grano inclinado

Es la desviación angular que presenta el grano con respecto al eje longitudinal de la pieza de madera. Por lo general es constante a todo lo largo de la pieza. Esta inclinación aparece porque, al aserrar la madera, el eje de la pieza forma un ángulo con la orientación de las fibras. Otra causa del grano inclinado se debe a la presencia de un nudo, que altera la dirección de las fibras del tronco a su alrededor.

2.4.2 Defectos de la madera atribuibles al secado

Muchos de los defectos que se presentan en la madera son producto de los patrones de variación durante el secado de maderas juveniles, procedentes de plantaciones forestales.

Según Serrano, 2001 los defectos más importantes que se presentan en la madera después del proceso de secado son los siguientes:

2.4.1.1 Alabeos

Cualquier desviación de alguna de las superficies de la madera o una combinación de éstas son deformaciones que puede experimentar una pieza de madera por la curvatura de su eje longitudinal o transversal (o ambos a la vez), como consecuencia de la pérdida de humedad. Se distinguen los siguientes tipos de alabeos:

2.4.2.2 Torceduras

Este defecto se caracteriza por la forma de hélice que adopta la madera. Suelen ser causadas por la presencia de fibras desviadas o en espiral. También pueden originarse a partir de distorsiones localizadas del grano, como por ejemplo las relacionadas a nudos, inserción de ramas, entre otros.

2.4.2.3 Abarquillado

Es el alabeo de las caras de una pieza aserrada, se produce 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.

2.4.2.4 Combado

Es una deformación que provoca que la curvatura de su eje longitudinal. Se presenta como consecuencia de una excesiva contracción longitudinal, a veces se produce por el mal apilado de la madera; el uso de separadores demasiado distantes entre sí.

2.4.2.5 Encorvadura

Es una deformación de los cantos por diferencias de contracción, estando la superficie de la pieza en un mismo plano. La encorvadura es uno de los alabeos más graves, puesto que no es posible reducir su intensidad una vez que se ha hecho presente.

2.5 Operaciones del maquinado

Maquinado es el conjunto de operaciones que se realizan en la madera mediante máquinas y herramientas de corte con el fin de darles las dimensiones y perfiles deseados para su posterior utilización en la elaboración de productos terminados y preparar la superficie para la aplicación de un acabado. Los ensayos se realizarán apegados en la medida de lo posible a las especificaciones de la norma de la

(American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales. (Flores y Fuentes 2001)

2.6 Características de la madera que influyen en su trabajabilidad

Las características y propiedades de la madera más importante que influyen en la calidad de superficie maquinada están:

La densidad, el contenido de humedad, la dirección del hilo, la textura, porosidad, contenidos extractivos, elasticidad, temperatura. (Flores y Fuentes 2001).

2.6.1 Densidad

Está correlacionada directamente con las propiedades mecánicas y particularmente con la resistencia que la madera opone a la penetración y al corte cuando se trabaja con máquinas y herramientas. Una densidad alta, implica la remoción de una mayor cantidad de sustancias, por lo que al someterlas a su procesamiento causa mayor fricción de la arista de corte, obteniéndose un desafilado más rápido de la herramienta. Las maderas más pesadas presentan un acabado más terso y frecuentemente se maquinas mejor que las maderas ligeras.

2.6.2 Elasticidad

Es la relación lineal entre un esfuerzo y la tensión producidos en el rango de elasticidad de un material (esfuerzos sin producir deformación), como indicador de su rigidez. Este criterio permite clasificar a la madera por su resistencia a la aplicación de esfuerzos sin causar deformaciones, los siguientes valores corresponden a pruebas al 12% de contenido de humedad.

2.6.3 Contenido de humedad

Las maderas con bajos contenidos de humedad presentan una mayor resistencia a la penetración de las herramientas de corte, ocasionando el defecto de grano astillado en la superficie de la pieza maquinada. Por el contrario, las maderas con altos contenidos de humedad presentar menor resistencia a la penetración de la herramienta de corte, presentándose frecuentemente el defecto de grano velloso.

2.6.4 Nudos

Afectan por las variaciones de la dirección de las fibras y el ángulo fibrilar, las diferencias en peso específico (diferentes tensiones) y presencia de grietas en nudos. El mayor efecto es en la tracción la que se reduce drásticamente.

2.6.5 Dirección del hilo

La irregularidad de la dirección de las fibras hace variar continuamente las características de orientación del hilo con perjuicios sobre la superficie trabajada. El hilo desviado reduce la resistencia de la madera, agrega dificultad en el maquinado de la madera y puede incrementar las tendencias a la deformación.

2.6.6 Textura

Las maderas con textura fina y homogénea presentan mejor calidad de maquinado que aquéllas con textura media y más aún que aquellas con textura gruesa heterogénea

2.6.7 Porosidad

La porosidad no parece tener una influencia directa sobre el maquinado, ya que en general en maderas con porosidad circular, semicircular, y difusa al maquinarlas se obtiene una buena calidad.

2.6.8 Contenido de extractivos

El contenido de extractivos en las paredes celulares y las particulares minerales que se encuentran en las cavidades celulares (sílice y cristales) son igual de importantes. Los primeros hacen que la madera sea más dura, mientras que las partículas minerales desarrollan una acción de rápido desgaste sobre el filo de la herramienta. (Serrano, 2001)

2.6.9 Numero de anillos de crecimiento por centímetro

Al trabajar la madera es importante conocer el número de anillos que tiene por centímetro que tiene, porque éste puede afectar la apariencia, la trabajabilidad y otras propiedades de la misma. Las maderas con porosidad difusa son menos afectadas por

este factor que las maderas con porosidades circulares. En general maderas con mayor número de anillos por centímetro tienden a presentar una mejor calidad de maquinado.

2.6.10 Temperatura

Aumentan la agitación molecular y disminuyen la cohesión, la madera de reacción aumenta la lignina en coníferas y la celulosa en latifoliadas.

2.7 Características de las herramientas de corte.

El gran desarrollo tecnológico que alcanza en los últimos años el sector de la industria maderera ha traído un gran cambio, además de la modernización de la maquinaria, también en las herramientas de corte empleadas. Una adecuada selección de las herramientas, porta consigo no sólo un mejoramiento de las fases individuales de trabajo sino también un incremento en el potencial productivo.

2.7.1 Acero con alto contenido de cromo (HLS)

Acero con alto contenido de cromo (Cr, Mo, V) se usa en la elaboración de herramientas integrales, es decir que los elementos de corte son del material que el cuerpo de la herramienta, adecuado para trabajar maderas blandas y duras con velocidades de alimentación no muy elevadas y velocidades periféricas.

2.7.2 Acero rápido al molibdeno (SSE)

Acero rápido al molibdeno (Mo, W, V) se usa en la fabricación de herramientas integrales al igual que el anterior, es un acero de alto rendimiento, indicado para el trabajo de grandes cantidades de madera blanda y dura. Recomendado para altas velocidades de rotación y sobre todo cuando se exige una superficie tersa o de lo más lisa posible.

2.7.3 Acero súper rápido al cobalto (HSSCo)

Acero súper rápido al cobalto (W, Mo, V, Co). Es una herramienta con elementos de corte recubiertos, es decir, que solo los elementos de corte son de este tipo de acero y

el cuerpo de la herramienta es de otro material. Este tipo de acero es de alto rendimiento, es conveniente para trabajar a elevadas velocidades de rotación.

2.7.4 Hart Metal (HM)

Metal duro a base de carburo de tungsteno con carburo de titanio, es usado en la fabricación de herramientas con elementos de corte recubiertos al igual que el anterior, adecuado para todos los trabajos e indispensable para maderas abrasivas.

2.8 Trabajabilidad de la madera

Conjunto de propiedades o características que posee una determinada madera con relación a su respuesta de trabajo manual o a la acción de las herramientas manuales o eléctricas. Se dice entonces que la madera posee buena trabajabilidad cuando responde bien al corte con sierra, al cepillado, al moldurado, al torneado, al lijado y al taladrado, al encolado y engomado, etc.

Los procesos de la industria carpintera se inician con la recepción de la madera transformada en el aserradero y terminan con la expedición de un artículo o producto de madera terminado. Las primeras fases de la manipulación de la madera se tratan en procesos de la industria de la madera. Se inician con la recepción de la madera transformada en el aserradero y terminan con la expedición de un artículo o producto de madera terminado. Las primeras fases de la manipulación de la madera se tratan en procesos de la industria de la madera. (Parish, 2001; Citado Vargas, 2017)

2.8.1 Cepillado

Es la operación del corte que se lleva a cabo en una o ambas caras de la madera, con la finalidad de obtener el espesor deseado al mismo tiempo que se obtiene una superficie con cierto grado de textura. Es la operación más importante después del aserrío, ya que cualquier pieza de madera escuadrada antes de ser utilizada en algún producto final requiere ser cepillada, proporcionalmente así un mayor valor agregado.

El principio de la acción del cepillado es el siguiente: la maquina trabaja con cuchillas rotativas que levantan una viruta corta. La madera a ser cepillada pasa desde

la parte delantera de la mesa que presenta un apoyo firme, se acerca a las cuchillas que van arrancando todo lo que se pone al alcance del arco. (Heinrich, 1971).

En la práctica la mesa de la 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, 1971).

En esta operación son: grano arrancado, grano velloso, grano levantado y las marcas de astillas. El efecto de disminuir la velocidad de alimentación también es un factor importante de considerar, ya que se ha comprobado que utilizando una baja velocidad de alimentación, la calidad de la superficie cepillada se incrementa, esto explica en buena parte porque en la medida que se reduce la velocidad de alimentación, la cantidad de madera que tiene que remover cada cuchilla al cortar es menor (Herrera, 1981).

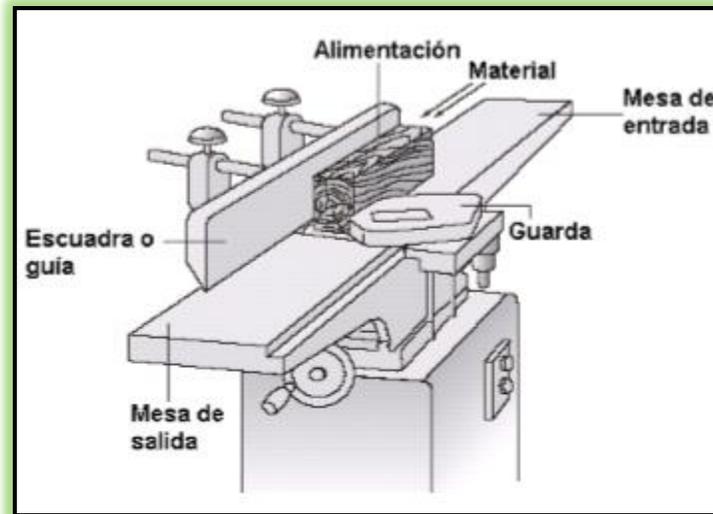
El defecto de grano arrancado es usualmente el más común y de mayor perjuicio para la calidad superficial en las maderas tropicales. Los aspectos principales que favorecen la producción de grano arrancado son la elevada inclinación del grano y especialmente en la cercanía de los nudos y ángulo de corte.

La inclinación del grano elevado, como sucede con el grano entrecruzado, el grano ondulado y en cercanía de los nudos, extremadamente perjudicial, por lo que un operario debe siempre procurar que la entrada de la madera a la máquina se dé a favor del grano. (Herrera, 1981).

2.8.1.1 Maquinaria

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. La porta cuchillas es la pieza principal de la máquina, provisto en el caso de cuatro cuchillas.

Figura 3 Cepilladora



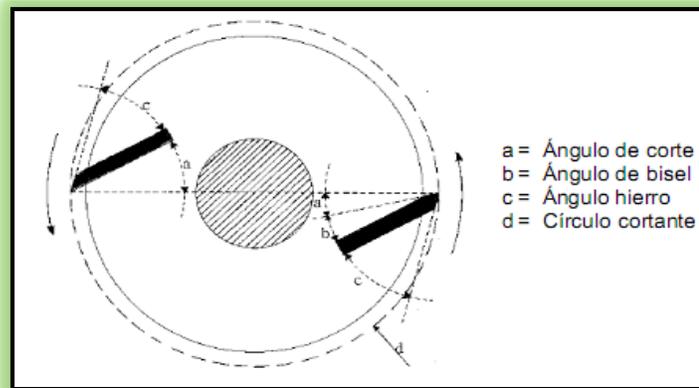
Fuente: (Parish, 2001)

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, 1971)

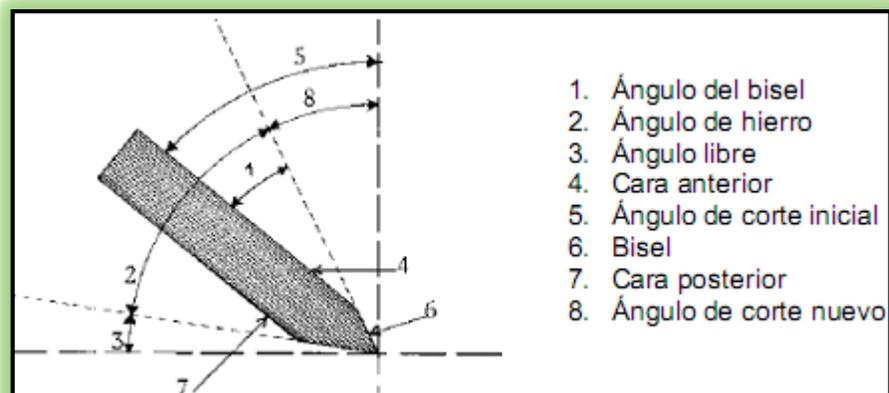
Ángulo de corte: Un ángulo de corte elevado en combinación con una fuerte inclinación del grano es crítico en la producción de una superficie con grano arrancado. En esta prueba la modificación del ángulo de corte se procedió al afilado del bisel, que van desde los 15 a 30°. Cabe destacar que una disminución del ángulo de corte por medio de un contra-bisel (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 4 Nomenclaturas usadas en cuchillas de cepilladora



Fuente:(Serrano & Sáenz, 2001)

Figura 5 Esquema de modificación del ángulo de corte por medio del bisel



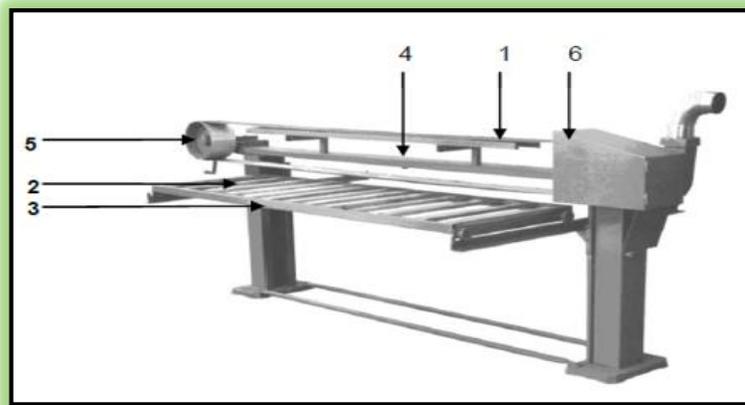
Fuente: (Serrano & Sáenz, 2001)

2.8.2 Lijado

La operación de lijado es una parte importante del proceso de reparación por lo que constituye una condicionante fundamental para la productividad y el encarecimiento de la reparación.

Para conseguir un acabado de calidad, el operario debe conocer y dominar las operaciones que intervienen en la preparación de las superficies como la correcta selección de del abrasivo y del equipo esto se lo puede realizar a través de diferentes tipos de lijas ya que éstas cuentan con una gran gama de materiales, de igual manera hay lijadoras mecánicas fijas y portátiles que facilita el trabajo de remoción o abrasividad. (Serrano y Sáenz, 2001)

Figura 6 Lijadora de banda



Lijadora de banda; Partes:

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

Fuente: (Serrano & Sáenz, 2001)

2.8.3 Moldurado

El moldurado consiste proporcionar 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. Se efectúa en trompos diseñados para hacer contornos con forma determinada en el borde de las piezas de madera, de acuerdo a la figura de la fresa.

El trompo más común es el de ejes verticales, en los que se montan las piezas cortantes y son generalmente de alimentación manual aunque se les puede adaptar un dispositivo para hacerlos de alimentación automática.

En esta operación tenemos 2 tiempos de moldurado:

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

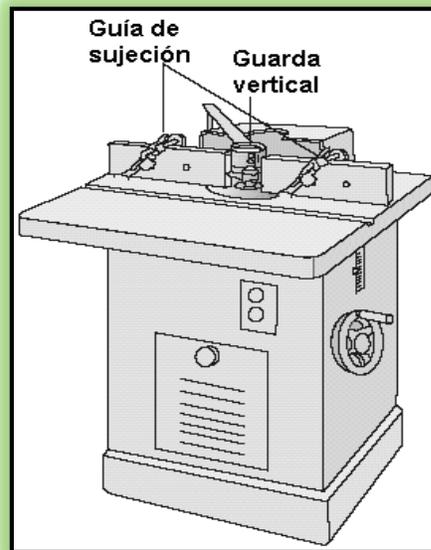
La fresadora vertical o TUPI es una maquinaria de funcionamiento sencillo, pero potencialmente peligrosa, si las cuchillas de la fresadora vertical se separan de las abrazaderas superior e inferior de la porta cuchillas, pueden salir lanzadas con gran fuerza, además suele ser preciso sujetar el material cerca de la cuchilla, la sujeción debe realizarse con una porta pieza y no con las manos del operario. Pueden utilizarse cepos para sujetar el material a la mesa.

Cuando se trata de un trabajo de labrado, la madera es trabajada debido a la acción de las cuchillas de corte rotatorio en un árbol de eje vertical, estas cuchillas giran en sentido contrario de las agujas del reloj y unos flejes de acero sujetan l pieza de madera contra la guía (Heinrich, 1971; citado por Vargas 2017)

2.8.3.1 Maquinaria

La tupi puede realizar los siguientes trabajos, ranura o rebaja, moldeado de cantos rectos, ranura para machimbrado, cantos curvos y molduras.

Figura 7 Fresadora o tupi



Fuente: (Parish, 2001)

2.8.4 Torneado

Es la operación en la cual mediante el uso de cuchillas o gurbias se 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. 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.

La velocidad periférica de la pieza varía debido a los diferentes círculos de corte que se producen, cuando la dirección de avance de la cuchilla es normal al eje de rotación de la pieza torneada, la velocidad de alineación disminuye a medida que el corte avanza de la periférica hacia el centro.

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.

La velocidad del giro del cabezal del torno depende tanto del diámetro de la pieza a tornear, como la velocidad de avance de la cuchilla, así pues para tornear piezas de diámetro grandes esta debe ser reducida, mientras que para tornear piezas de diámetros pequeños esta debe ser mayor, por lo que es recomendable tener en el torno por lo menos cinco velocidades de giro diferentes (500, 1000, 1500, 3000, 5000 rpm). La mejor calidad de torneado se obtiene en maderas que presentan una alta densidad y una textura fina. (Flores y Fuentes, 2001).

2.8.4.1 Herramientas para el torneado

- **El formón:** es una herramienta manual de corte libre utilizada en carpinterías. Se compone de hoja de hierro acerrado, de entre 4 y 40 mm de ancho con boca formada por el bisel y mango de madera, su longitud de mango a punta es de 20cm aproximadamente, el ángulo de filo oscila entre los 25-40° dependiendo del tipo de madera a trabajar, madera blanda menor ángulo, madera dura mayor ángulo.
- **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:** parecida 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 la forma semicircular, puede ser de extremo cóncavo o convexo con radio variado y su uso facilita la desgastación de la madera antes de llegar a tocar la forma 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. Los formones son

diseñados para realizar cortes, muescas, rebajes y trabajos artesanos 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.

2.8.4.2 Maquinaria

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. Las partes principales del torno se detallan a continuación:

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

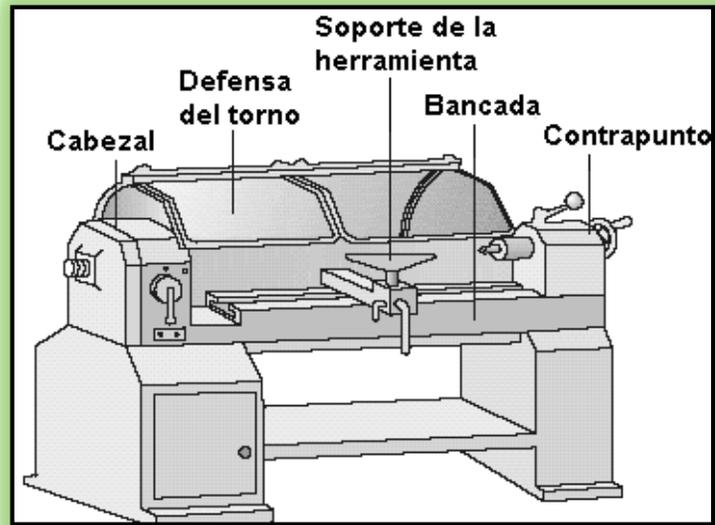
Es el órgano que más esfuerzos realiza durante el trabajo. Por consiguiente, debe ser robusto y estar perfectamente guiado por los rodamientos, para que no haya desviaciones ni vibraciones.

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.

Figura 8 Torno



Fuente (Parish, 2001)

2.8.5 Taladrado

El principio de la operación es perforar o hacer un agujero en una pieza de madera, en la cual se produce una fricción muy grande. El taladrado es la operación que tiene por objeto hacer agujeros por arranque de viruta, con una herramienta llamada broca, cuya posición diámetro y profundidad han sido determinados previamente. En este tipo de proceso, la herramienta de corte que se utiliza es cilíndrica rotatoria, conocida como broca, la cual es una herramienta giratoria la cual tiene uno o más bordes de corte con sus correspondientes ranuras las cuales se extienden a lo largo del cuerpo de la broca.

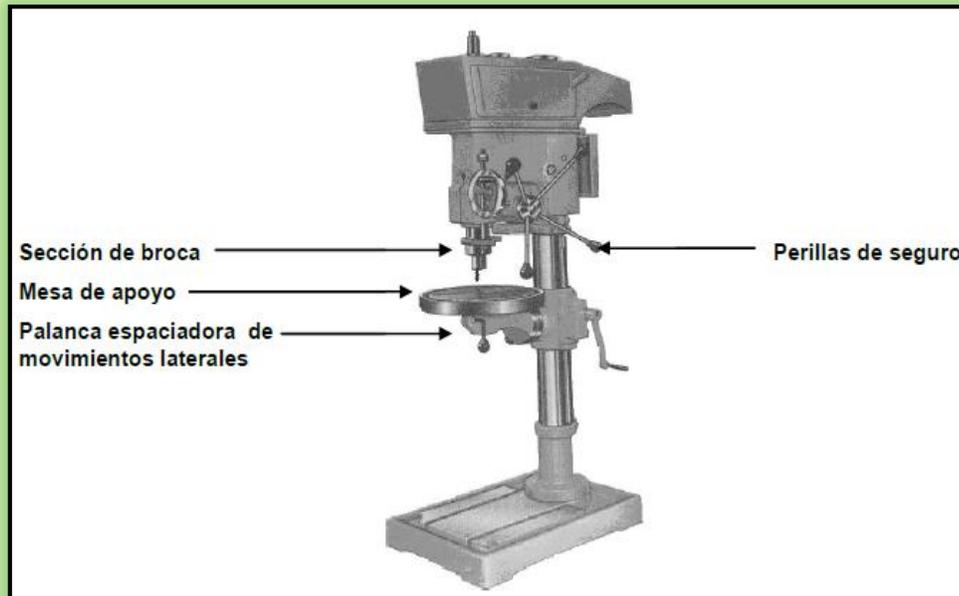
En el proceso de taladrado se realizan dos movimientos: el movimiento de corte y de avance. Estos dos movimientos siempre se realizan salvo en máquinas de taladro profundo en las cuales no hay movimiento de corte ya que la pieza se hace girar en sentido contrario a la broca.

2.8.5.1 Maquinaria

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, 1971)

Figura 9 Maquina taladradora



Fuente: (Heinrich, 1971)

2.9 Defectos en el maquinado de madera.

2.9.1 Grano arrancado

Se presenta en las operaciones de moldurado, torneado y taladrado y principalmente en el cepillado. Este defecto se presenta cuando la viruta se quiebra bajo el nivel de la superficie de la pieza dejando pequeños huequecillos en ella. Es el defecto más grave

y a la vez el más difícil de eliminar en una operación posterior de lijado. (Serrano & Saenz, 2001).

Este defecto se debe a varias causas principales, entre las que destacan:

- Elevada inclinación del grano (grano entrecruzado, ondulado, etc.)
- Elevada velocidad de avance de la madera.
- Elevado ángulo de ataque (30° o más).
- Madera de alta dureza y muy seca (por debajo de 12% de contenido de humedad).
- Profundidad de corte elevado (más de 3mm, por pasada en el cepillado)

Figura 10 Grano arrancado



Fuente: (Serrano & Saenz, 2001)

2.9.2 Grano vellosa o algodónado

Se presenta en las operaciones de cepillado, taladrado, moldurado, torneado y lijado, consiste en fibras o grupos de fibras levantadas sobre la superficie de la pieza que no fueron cortadas por la cuchilla, fresa, broca, u otra herramienta de corte, sobresalen de la superficie general de la tabla sin desprenderse. En la mayoría de los casos se pueden corregir durante el proceso de lijado, pero requiere de un mayor costo, tanto a nivel de esfuerzo como de tiempo. (Serrano & Saenz, 2001).

Las principales causas del defecto son:

- Madera de tensión debido al crecimiento anormal del árbol.
- Angulo de ataque pequeño (15° o menos).

- Madera húmeda.
- Madera de baja dureza.

Figura 11 Grano velloso



Fuente: (Serrano & Saenz, 2001)

2.9.3 Grano levantado o astillado

Condiciones de aspereza en 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. (De Los Ríos, 2005; citado por Vargas 2017).

2.9.4 Grano rugoso

Este defecto se presenta en las operaciones de cepillado, taladrado, moldurado, y torneado, cuando la madera entra en contacto con las cuchillas, estas ejercen presión sobre las fibras, las cuales comprimen a su vez los vasos, que al estar rodeados de parénquima, hacen que al pasar por la cuchilla sobre la madera se hundan antes de ser seleccionados y luego emerjan a la superficie, donde a esta apariencia y sensación ásperas. Pueden también suceder por una separación de láminas por los anillos de crecimiento. (Serrano & Saenz, 2001).

Otras causas son:

- Porosidad elevada (circular)
- Mucha presión de los rodillos alimentadores.
- Madera relativamente húmeda.

- Cuchillas con filos redondeados.
- Baja velocidad de avance de la madera.
- Bajo ángulo de corte (10-15°)

Este defecto es relativamente fácil de eliminar en una operación posterior de lijado.

2.10 Calificación de las pruebas de maquinado

La calificación de las probetas con las que se evalúa el maquinado de la madera está referidas a grados de defectos de 1 a 5 de acuerdo a patrones obtenidos de las normas siendo éstas:

Cuadro 1 Evaluación y clasificación de las probetas de ensayo

Grado	Rango	Calidad	Descripción
1	0,0 – 1,0	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 extracción de las muestras

La zona de extracción de material se encuentra ubicada en el Departamento de Tarija, provincia Cercado, limita al norte con las provincias Méndez y al sur con la provincia Aviléz, al este con O'Connor y al oeste con la provincia Méndez. Geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas mínima $21^{\circ} 51' 30''$ latitud S. $64^{\circ} 59' 51''$ longitud W; con altitud de 1850 m.s.n.m.

El municipio se encuentra en el Valle Central de Tarija ocupando toda la provincia Cercado del departamento, tiene una superficie de 2638 km^2

Fuente: (Diagnóstico Integral Municipal, 2007).

Los árboles a extraer se encuentran en una plantación de deslinde de propiedad (cortina rompe-vientos) en la zona de San Blas, en un terreno con una extensión de 13000 m^2 , el acceso es a través de la avenida Felipe Palazón, la cual presenta un camino asfaltado y otras partes de tierra, limita al sur-este con la Flia. Campero, al sur-oeste con Flia Fernández, al nor-oeste con un canal de desagüe – U.E La Salle, y al nor-este avenida Felipe Palazón- camino a San Blas.

3.1.1 Localización

Figura 12 Localización de la zona de estudio

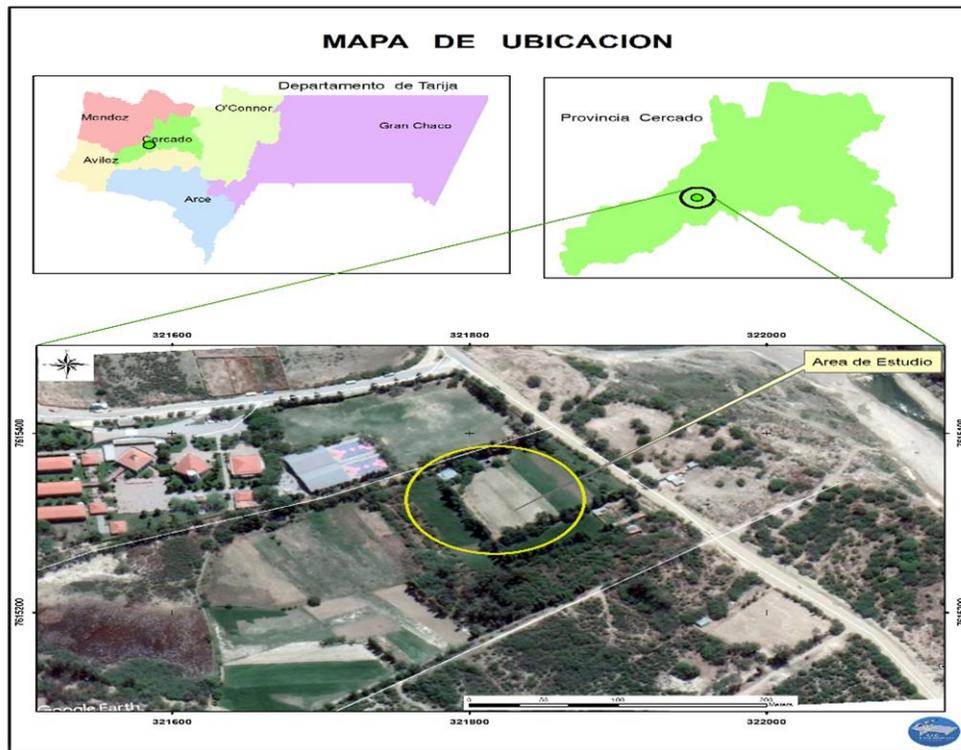


Figura 13 Ubicación de los ejemplares en estudio



Fuente: Elaboración propia

3.2 Características biofísicas

3.2.1 Clima

En forma general el clima de la provincia Cercado, es variable en función a 9 estaciones climáticas, se presenta con una temperatura media anual de 17,9° C, la máxima media de 26,1° C, mínima de 9,7° C, se tiene en verano extrema máxima de 39,4° C, y extrema mínima de invierno de -8,6° C; y precipitaciones inferiores a 5000mm anuales concentradas en el verano.

Tabla 1 Resumen climatológico

RESUMEN CLIMATOLOGICO														
Periodo Considerado: 1962 - 2017														
Estación: AEROPUERTO										Latitud S.:		21° 32' 48"		
Provincia: CERCADO										Longitud W.:		64° 42' 39"		
Departamento: TARIJA										Altura:		1.849 m.s.n.m.		
Índice	Unidad	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Temp. Max. Media	°C	27,1	26,8	26,3	25,7	24,7	24,0	24,0	25,5	26,3	27,7	27,6	27,6	26,1
Temp. Min. Media	°C	14,4	14,1	13,5	11,0	6,2	2,8	2,4	4,8	7,8	11,5	13,0	14,3	9,7
Temp. Media	°C	20,8	20,4	19,9	18,3	15,5	13,4	13,2	15,2	17,0	19,6	20,3	20,9	17,9
Temp.Max.Extr.	°C	36,5	37,4	37,5	37,4	36,2	34,6	36,0	37,4	39,5	39,7	39,0	38,8	39,7
Temp.Min.Extr.	°C	6,0	4,0	5,0	-2,0	-5,2	-7,7	-9,2	-8,0	-4,2	1,0	3,0	5,0	-9,2
Días con Helada		0	0	0	0	1	8	9	4	1	0	0	0	23
Humedad Relativa	%	67	69	69	66	60	55	53	51	51	55	59	63	60
Nubosidad Media	Octas	5	5	5	4	3	3	2	2	3	4	5	5	4
Insolación Media	Hrs	5,9	5,8	5,8	6,3	6,9	7,2	7,9	8,1	7,8	6,8	6,3	5,5	6,7
Presión Barométrica	hPa	813,8	814,2	814,3	814,1	814,4	814,1	814,3	814,3	814,1	813,6	813,4	813,0	814,0
Precipitación	mm	136,7	115,0	83,6	20,8	2,2	0,7	0,6	2,1	7,0	36,2	67,6	128,1	600,6
Pp. Max. Diaria	mm	97,8	75,2	85,0	50,0	25,6	22,0	20,0	34,0	23,0	59,0	125,0	106,0	125,0
Días con Lluvia		13	11	9	4	1	0	0	1	2	6	9	12	68
Velocidad del viento	km/hr	5,6	5,2	5,2	5,4	4,7	4,1	5,1	6,4	8,1	8,3	7,7	6,5	6,0
Dirección del viento		SE	SE	SE	SE	SE								
Viento Máximo	Nudos/Hr	35,0	30,0	25,0	30,0	30,0	28,0	45,0	35,0	35,0	30,0	32,0	30,0	45,0
Dirección del viento														N

Fuente : (SENAMHI, 2018)

3.2.2 Suelos

Son suelos poco desarrollados, superficiales y limitados por estratos de rocas no alterada. Por lo general son variables en textura, estructura y color, dependiendo del material parental y el clima. Son suelos en los que se encuentran los horizontes A-R o A-C-R; el horizonte A, es poco profundo. Estos suelos generalmente se encuentran en cimas y pendientes de montañas y serranías fuertemente disectadas.

Fuente: (Diagnóstico Integral Municipal, 2007).

3.2.3 Hidrografía

La provincia de Cercado forma parte de las dos cuencas mayores: Pilcomayo, que ocupa el 10 por ciento del total del área de estudio y con 275 Km²; la otra cuenca mayor del Bermejo, abarca una extensión de 2.363 Km², que representa el 90 por ciento. El patrón, de orden de la red de drenaje y el régimen de escurrimiento están claramente diferenciados e íntimamente relacionados con las provincias fisiográficas de la Cordillera Oriental y Subandino.

Fuente : (Diagnóstico Integral Municipal, 2007)

3.2.4 Hidrología

El régimen de escurrimiento de los ríos sigue al régimen de precipitaciones, el caudal empieza a aumentar desde el mes de octubre y alcanza su máximo en el mes de febrero, para descender más tarde. Un estiaje pronunciado se extiende de mayo a septiembre y los ríos menores pierden totalmente su caudal. El régimen hidrológico es por lo tanto irregular y torrencial.

El aporte del caudal de los ríos está directamente relacionado con la precipitación, el área de recarga de la cuenca, la cobertura vegetal, la composición geológica, el relieve del terreno, los suelos.

3.2.6 Vegetación

La existencia de variables ambientales existentes en las áreas de estudio, generan diferentes tipos de climas, que son determinantes para la existencia de diferentes tipos

de formaciones vegetales naturales, estas características ambientales han originado una gran variabilidad de paisajes en sus diferentes estratos de vegetación.

Fuente: (Diagnóstico Integral Municipal, 2007).

Cuadro 2 Lista de especies arbóreas de la provincia Cercado-Tarija

N° de árbol	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Molle	<i>Schinus molle</i>	<i>Anacardiaceae</i>
2	Nogal	<i>Juglans</i>	<i>Juglandaceae</i>
3	Higuera	<i>Ficus carica</i>	<i>Moraceae</i>
4	Sauce llorón	<i>Salix babylonica</i>	<i>Salicaceae</i>
5	Pino patula	<i>P. patula</i>	<i>Pinaceae</i>
6	Pino radiata	<i>Pinus insignis</i>	<i>Pinaceae</i>
7	Ceibo	<i>Erythrina crista-galli</i>	<i>Fabaceae</i>
8	Palmera	<i>Phoenix dactylifera</i>	<i>Arecaceae</i>
9	Churqui	<i>Acacia caven (Mol.) Hook. & Arn.</i>	<i>Mimosaceae</i>
10	Níspero	<i>Mespilus germanica</i>	<i>Rosaceae</i>
11	Ligustre	<i>Ligustrum vulgare</i>	<i>Oleaceae</i>
12	Chañar	<i>Geoffroea decorticans</i> <i>Burkart</i>	<i>Fabaceae</i>
13	Olmo	<i>Ulmus minor</i>	<i>Ulmaceae</i>
14	Lecherón	<i>Euphorbia dentata Michx.</i>	<i>Euphorbiaceae</i>
15	Caña bambú	<i>Phyllostachys</i>	<i>Poaceae</i>
16	Ciprés	<i>Cupressus sp</i>	<i>Cupressaceae</i>
17	Tacko	<i>Prosopis alba Griseb</i>	<i>Mimosaceae</i>
18	Sauce criollo	<i>Salix humboldtiana</i>	<i>Salicaceae</i>

Fuente: (Diagnóstico Integral Municipal, 2007).

3.3 Aspectos socioeconómicos

3.3.1 Población

La provincia Cercado concentra a sus habitantes en dos áreas: el área urbana (concentrada) y el área rural (dispersa), la primera ubicada en la ciudad de Tarija y la segunda distribuida en el área rural del municipio, organizados en estructuras comunales y pequeños pueblos.

El año 2012 el INE realizó el Censo Nacional de Población y Vivienda. Según estos datos, la población es de 205.346 habitantes y 17.667 Viviendas en el área rural.

3.3.2 Ocupación principal

La principal actividad de la población masculina en el área rural es la agricultura, y para la población femenina son actividades relaciones al hogar, como preparación de alimentos y cuidado de los niños; sin embargo la mujer participa también en actividades en el campo en la agricultura para el propio consumo.

También realizan otras actividades: en el caso de los hombres generalmente es la actividad pecuaria, trabajar como jornaleros, etc.; para la población femenina las actividades secundarias son en el sector agropecuario principalmente y en comercio.

Fuente: (Diagnóstico Integral Municipal, 2007).

3.4 Características de la especie en estudio

3.4.1 Taxonomía

Cuadro 3 Taxonomía de la especie en estudio

Reino:	Vegetal
Phylum:	Telemophytae
División:	Tracheophytae
Subdivisión:	Gimnospermae
Orden:	Coniferales
Familia:	<i>Cupresaceae</i>
Nombre científico:	<i>Cupressus sp.</i>
Nombre común:	Ciprés

Fuente: Herbario Universitario (T.B) ,2018

3.4.2 Descripción dendrológica del *Cupressus sp.*

Árboles monoicos, de hasta 30 m de altura, tallo monopódico, con la corteza delgada, rasgada y agrietada, de color café-rojizo a café-ceniciento; el tronco ensanchado en la base y a veces dividido en dos a partir de cierta altura; sirve a la planta como medio

de conducción de los haces vasculares y para sostener a las hojas, flores y frutos. Lleva a cabo la función fotosintética en sus partes verdes, y almacena sustancias alimenticias en algunos casos.

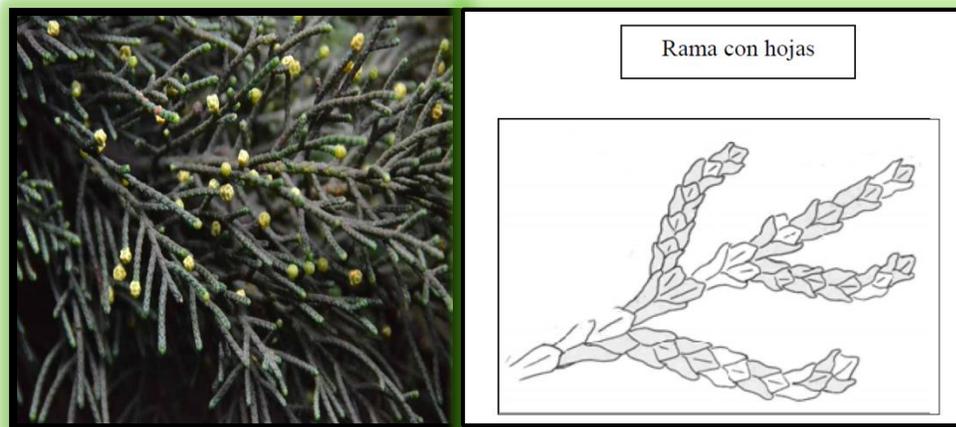
Ramas horizontales o un poco ascendentes, redondeadas o aplanadas últimas ramillas tetragonales; cono masculino terminal sobre ramillas cortas, ovoide a subtetragonal, de 2 a 4 mm de largo, formado por 12 a 14 escamas decusadas, las apicales estériles, las otras protegiendo 4 sacos polínicos cada una. (Zamudio 1994)

3.4.2.1 Las hojas y flores

Hojas son escamiformes bastante gruesas, de ápice obtuso no punzante que se disponen muy pegadas alrededor de las ramillas terminales y de forma solapada a modo de escamas de pez, estas de color verde, a veces amarillento, suele mantener hojas aciculares de primera edad durante bastante tiempo, dispuestas en pares opuestos, sobrepuestas, a menudo con una glándula resinosa, de tamaño y forma variable aun en una misma ramilla, margen por lo general denticulado

Las flores masculinas pardo amarillas; las femeninas glaucas, en inflorescencias pequeñas sobre el ápice de los brotes, a principios de primavera. (Zamudio 1994)

Figura 14 hojas y flores del ciprés



3.4.2.2 Fruto

Suele tener los conos masculinos y los femeninos separados en el mismo pie de la planta. cono masculino terminal sobre ramillas cortas, ovoide a subtetragonal, de 2 a 4 mm

de largo, formado por 12 a 14 escamas, las apicales estériles, las otras protegiendo 4 sacos polínicos cada una; conos femeninos formados por 6 a 12 escamas peltadas, las inferiores generalmente pequeñas y estériles, en la madurez globosos o subglobosos, de 12 a 30 mm de diámetro, café-rojizos a cenicientos, leñosos; maduración bianual, pueden permanecer cerrados en el árbol por varios años, pero cuando completan su desarrollo sus escamas se separan y dejan libres numerosas semillas aladas (50 a 120 por cono) que tienen diminutas ampollas de resina en su superficie. (Zamudio 1994).

Figura 15 Fruto del ciprés



Fuente: Ilustración propia

3.4.2.3 Ecología

Este género soporta notables variaciones de temperatura, pero sin bajar esta de -10°C , crece en suelos de diversa composición, pero que tengan buen drenaje, se adapta a los suelos pobres y erosionados, resiste las heladas y cierta sequía.

3.4.2.4 Distribución y usos

Género que comprende 20 especies distribuidas en las regiones templadas y subtropicales del Hemisferio Norte, en Asia, sur de Europa y norte de África.

Cupressus arizonica Greene

Cupressus macrocarpa Hartw.

Cupressus funebris Endl.

Cupressus sempervirens L.

Cupressus glabra Sudw.

Cupressus lusitanica Mill.

Cupressus goveniana Gordon

Cupressus torulosa D.Don

Reviste gran importancia en muchas regiones del mundo, tanto en la producción de madera como en el aspecto ornamental.

Disponible: <https://www.arbolesornamentales.es/Cupressaceae.htm> (miércoles, 28/11/2018)

La madera, salvo por su abundante nudosidad, es en general muy buena pero un tanto desconocida. No es resinosa y suele desprenderse de ella un aroma similar al del cedro. Principalmente la utilizan artesanos y constructores, carpintería además de ebanistas e interioristas, por su delicada coloración (pardo amarillento claro). También es útil como leña por su buena combustión. Los árboles son buenos como ornamentales y se emplean en cortinas rompe vientos, a causa de su denso follaje y resistencia al viento.

Disponible en: <http://www.jardinbotanico.uma.es/bbdd/index.php/jb-95-01/> (viernes, 02/03/2018)

3.4 MATERIALES

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se utilizó los siguientes materiales, equipos y maquinaria:

3.5.1 Materiales de campo

- ✓ Motosierra.
- ✓ Brújula.
- ✓ Flexómetro.
- ✓ Machete.
- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Pintura y brocha.
- ✓ Planillas de campo.
- ✓ GPS

3.5.2 Materiales de gabinete

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

3.5.3 Maquinaria de carpintería

- ✓ Lijas.
- ✓ Sierra sin fin
- ✓ Maquina tupi
- ✓ Taladro de banco
- ✓ Torneadora
- ✓ Cepilladora

3.5.4 Herramientas menores de carpintería

- ✓ Xilohigrómetro
- ✓ Lupa
- ✓ Lápices de color
- ✓ Balanza

3.5.5 Material biológico

Madera de la especie en estudio

3.6 METODOLOGÍA

La metodología empleada se orienta en las normas de la (American Society for Testing and Materials) ASTM-D-1666-64 (1970), con algunas adaptaciones para ensayos de maderas tropicales y NORMAS COPANT, con la finalidad de que los resultados obtenidos en el presente estudio, sean confiables y aplicables.

3.6.1 Normas empleadas:

Cuadro 4 Normas empleadas

NORMAS	TEMÁTICA
COPANT 458	Selección y colección de muestras
COPANT 460	Método de determinación del CH
ASTM-D-1666-64 (1970)	(American Society for Testing and Materials)

Fuente: Ilustración propia

3.6.2 Selección y colección de muestra

Para la ejecución de esta investigación basados en la norma COPANT 458, recomienda que se tomen en cuenta el sistema de selección al azar de manera que todos los componentes (zona, sub zona, bloque, árbol vigueta probeta, troza) tengan la misma posibilidad de ser elegidas.

3.6.3 Selección de la zona

El primer aspecto tomado en cuenta para la selección de la zona fue la representatividad, en cuanto a la población, sanidad y calidad de individuos, que tiene la especie de Ciprés (*Cupressus sp*). La zona seleccionada fue un deslinde de propiedad.

3.6.4 Selección de árboles

De acuerdo a la plantación de deslinde, se seleccionó al azar tres arboles tomando en cuenta sus características vegetativas de la especie como: sanidad del árbol, DAP en (1,30) sobre el nivel del suelo y calidad del fuste.

3.6.5 Selección de la troza

Ya ubicado y realizado el apeo, desramado del árbol, se dividió el fuste en secciones iguales las cuales fueron marcadas y selladas en sus extremos para su fácil identificación, utilizando letras mayúsculas 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.

3.6.6 Extracción de las trozas

Las trozas fueron transportadas desde el lugar del apeo hasta un aserradero en las cercanías del área de extracción en la ciudad de Tarija.

3.6.7 Selección de las viguetas dentro de la troza y obtención de las probetas

Las viguetas se obtuvieron de los tablones centrales y laterales, las cuales serán de 12 a 15 cm de espesor y 100 cm de longitud, teniendo en cuenta la escuadría adecuada para una buena orientación de los anillos de crecimiento y dirección de las fibras.

3.6.8 Tratamiento profiláctico

Una vez obtenidos los tablones centrales en el aserradero, se procedió a limpiar el aserrín para evitar el ataque de insectos u hongos con los diferentes tratamientos como recomienda la norma.

3.7 Ensayo de cepillado

3.7.1 Equipo

Se utilizó una cepilladora multifuncional para los ensayos de cepillado, dada la gama relativamente amplia de velocidades de alimentación. Siempre se utilizó cuchillas rectas y se cepilló solamente una cara de la probeta por pasada.

- Velocidad de giro de porta cuchillas: 5.000 r.p.m.
- Diámetro de la porta cuchillas: 10 a 12 cm.
- Ángulo del porta cuchillas: 30
- Porta cuchillas para alojar 3 o 4 cuchillas

- Velocidades de alimentación (m/min): 3, 6, 9, 12 y eventualmente otras superiores.
- Alimentación perpendicular al eje de rotación del porta cuchillas
- Cuchillas: Se usó preferentemente cuchillas de acero rápido (HSS). Al momento de ensayo los filos deberán estar en buen estado.

3.7.2 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 aproximado de 4 cm.
- Contenido de humedad: Las probetas de madera seca se registraron con el contenido de humedad de 15%.

Figura 16 Probeta de ensayo del lijado



Fuente: Ilustración propia

3.7.3 Procedimiento

- Las probetas 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.
- Los planos de trabajo de la probeta fueron comprobados y ratificados antes del ensayo.
- Cada especie y cada uno de sus planos de corte fueron ensayados independientemente.
- La mitad de los cortes se hicieron a dirección del grano y la otra mitad en contra del grano. Esto se hizo volteando la probeta para cepillar la cara opuesta, lo cual permite también liberar las tensiones internas de modo uniforme.
- Cada probeta fue introducida en la máquina en el mismo sentido de cada corte.
- Los cortes se efectuaron a una profundidad de 2 mm cada uno, hasta un espesor mínimo de la probeta 1.5 cm.
- 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.

3.7.4 Ensayo en condiciones comunes

- Los ensayos se realizaron con tres cuchillas de 30° o 35° de ángulo de corte (ángulo normal del porta cuchillas), niveladas en el porta cuchillas y colocadas de la manera usual. Una vez ensayada y calificada la especie en cada plano de corte para una velocidad determinada, se podrá repetir el proceso con una velocidad de alimentación menor hasta reducir los defectos a niveles aceptables.

- Si la madera presenta grano arrancado con las condiciones antes mencionadas se repetirá el ensayo con cuchillas afiladas para obtener un ángulo de corte 15°

3.7.5 Resultados de ensayos de cepillado

Se evaluaron los defectos y se registraron:

- 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.

3.8 Ensayo de lijado

3.8.1 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).

3.8.2 Materiales

Se utilizó lija de óxido de aluminio N°100

3.8.3 Probetas

Se manejó las probetas ensayadas en cepillado, es decir tres probetas por árbol, de madera seca al contenido de humedad de 15%. El ancho de la probeta fue como máximo 2cm menos que el ancho de la lija.

3.8.4 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 agrupó cada tipo de corte, (radial, tangencial, oblicuo) y especie por separado.

- Debido a que la madera no presentó grano arrancado muy pronunciado en el cepillado se trabajó directamente con la lija N°100 para evaluar la calidad de la superficie, de acuerdo a lo que indica la norma .

3.8.5 Procedimientos

Ensayo de Lija N°/ 100

- Se determinó la facilidad o dificultad de lijar.
- Se ensayó con una presión cercana o inferior a 100 gr/cm^2 manteniéndose dicha presión durante todos los ensayos.
- La velocidad de la lija (m/min) multiplicada por el tiempo de alimentación (minutos) dará 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 de lijar 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.

3.8.6 Calificación

Calificación con lija N/ 100

- Se calificó los defectos de rayado y vellosidad en 5 grados y se hicieron observaciones complementarias de ensuciamiento, facilidad de remoción de suciedad, desgaste y temperatura.

- Los calentamientos se determinaron después de cuatro pasadas consecutivas, (dos pasadas de ida seguidas inmediatamente por dos de vuelta).

Figura 17 Observación y calificación de la lija y la probeta



Fuente: Ilustración propia

3.9 Ensayo de taladrado

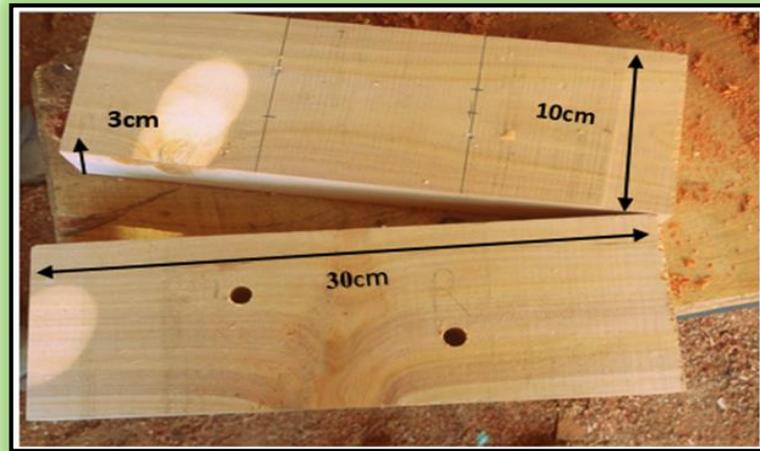
3.9.1 Equipo

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

3.8.2 Probetas

Las probetas tuvieron un espesor de 3 cm, 10 cm de ancho y 30 cm de longitud. Como se observa en la figura siguiente.

Figura 18 Probeta para ensayo de taladrado



Fuente: Ilustración propia

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.

3.9.3 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.

3.9.4 Calificación

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

3.10 Ensayo de torneado

3.10.1 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.

Otros materiales:

- ✓ Cronómetros
- ✓ Transportador con regla radial

Herramientas

- ✓ Se utilizó una gubia de 2cm de ancho, con radio de curvatura exterior de 1 cm (lado convexo) y curvatura del filo de 1 cm (arista); y se afilará 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.

3.10.2 Probetas

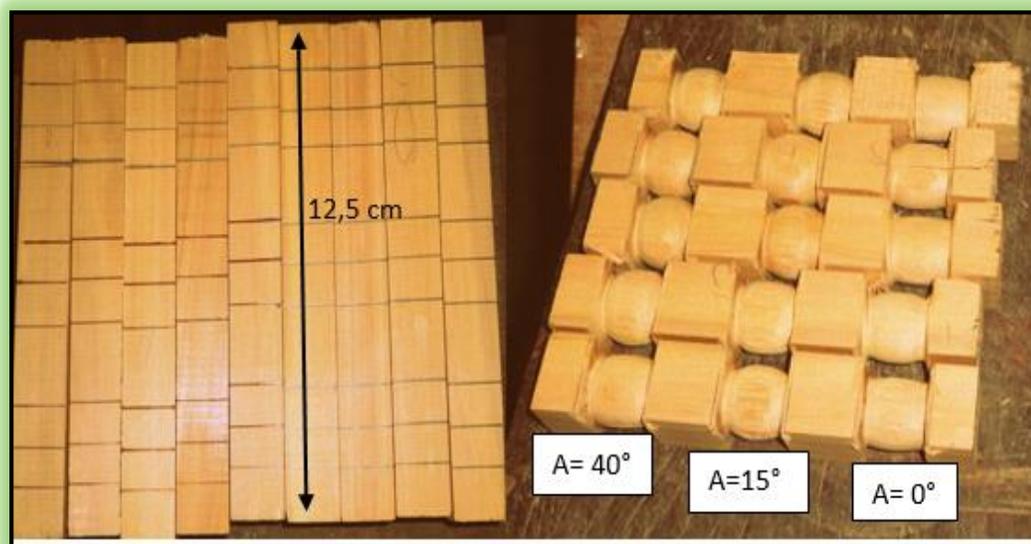
Se prepararon 9 probetas (3 árboles x 3 probetas por árbol = 9) de 2 x 2 x 12.5 cm

Se determinó de ángulo de corte para observación paralela al grano y corte oblicuo.

3.10.3 Determinación de ángulo de corte para observación paralela al grano

- Se ensayaron en la misma probeta con ángulos de corte de 40° , 0° , 15° (tres probetas por árbol).
- Para el ángulo de corte de 40° se ensayó tangencialmente por encima de la probeta (tipo A)
- Con ángulo de corte de 0° (tipo B) se ensayó radialmente en la misma probeta.
- Para un ángulo de 15° se utilizó una guía en el portaherramientas (tipo C).

Figura 19 Probetas y ángulos de corte en el ensayo de torneado



Fuente: Ilustración propia

- 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 fijó el tiempo de penetración mediante un cronómetro con el fin de igualar los tiempos de ensayo en cada par de cortes.
- Se podrán efectuar hasta tres pares de corte en cada probeta para obtener un número satisfactorio de repeticiones.

3.10.4 Calificación

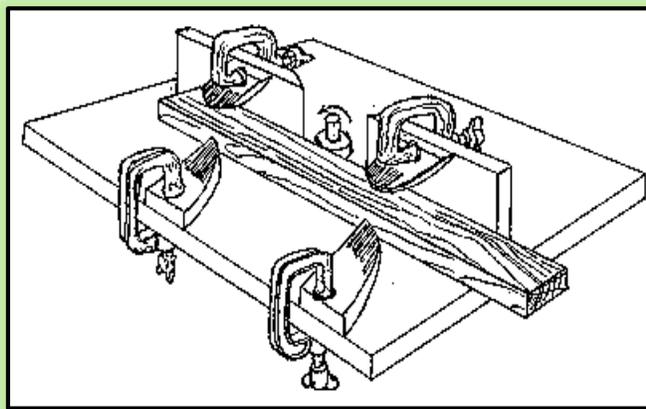
- Calificación observación paralela al grano.
- Se calificó en 5 grados el grano arrancado y la vellosidad en el fondo paralelo a las fibras y se registro

3.11 Ensayo de moldurado

3.11.1 Equipo

- Se utilizó un tupí trompo de un eje, de alimentación manual, con una velocidad 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 y dos verticales)

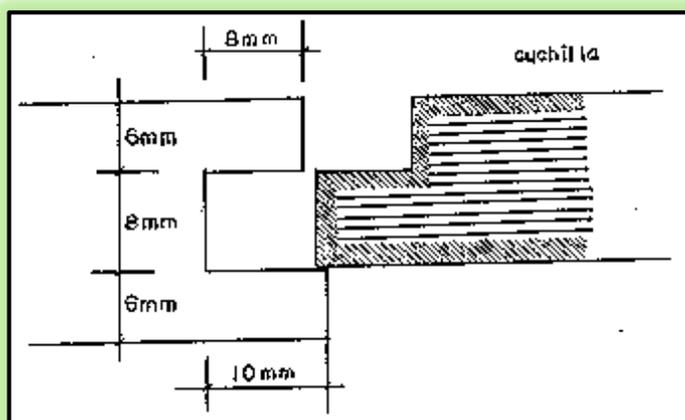
Figura 20 Tupí con guía de seguridad



Fuente: (Serrano & Sáenz, 2001)

- Se utilizó porta cuchillas de aproximadamente 10 cm de diámetro y con un ángulo del porta cuchillas de más o menos 30° para alojar dos o más cuchillas.
- La cuchilla tuvo tener 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 como se indica en la Figura 21.

Figura 21 Cuchilla para ensayo de machihembrado

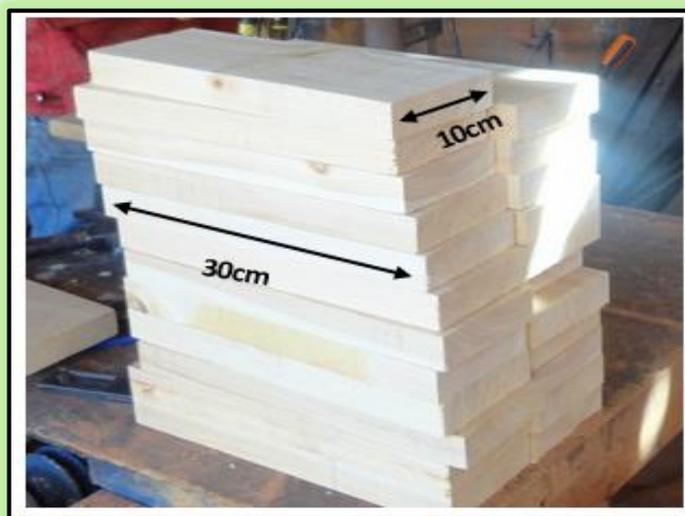


Fuente: (Serrano & Sáenz, 2001)

3.11.2 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 del taladrado.

Figura 22 Probetas de moldurado

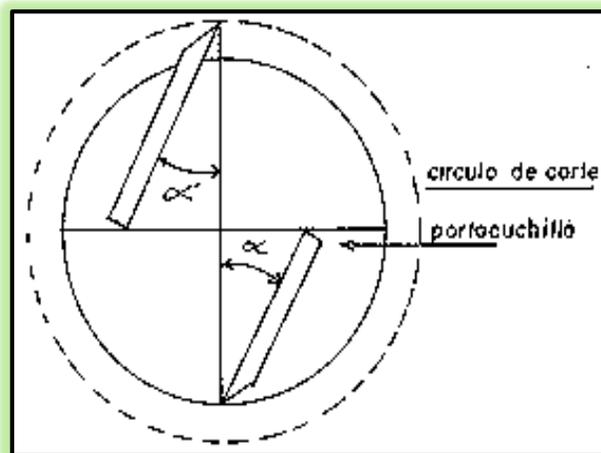


Fuente: Ilustración propia

3.11.3 Procedimiento

- Se ensayó con una sola cuchilla sobresalida y las otras escondidas (contrapeso).
- El ángulo de corte se midió con respecto al filo a1 de la cuchilla más sobresaliente y el centro del radio como se indica en la Figura.

Figura 23 Ensayo de moldurado en cuchilla sobresalida



Fuente: (Serrano & Sáenz, 2001)

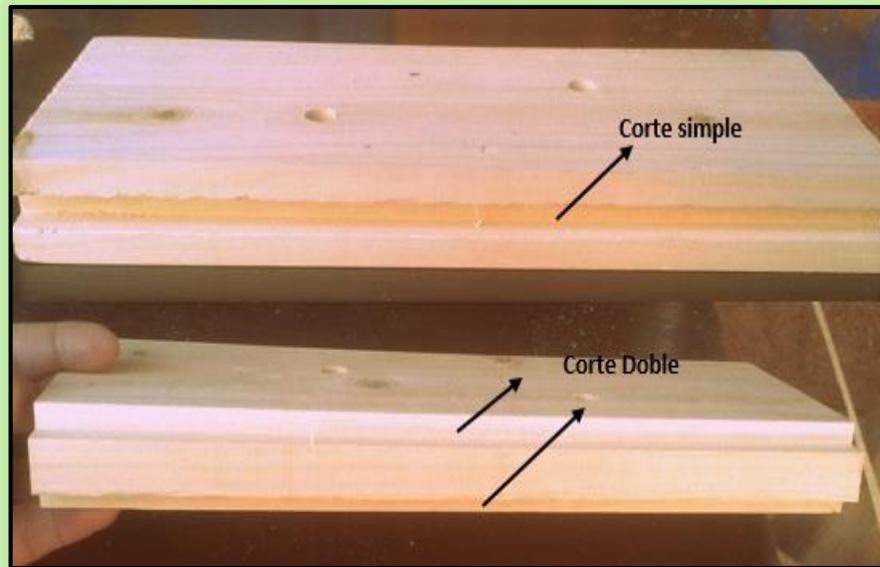
- La cuchilla se proyectó como mínimo 13 mm.
- Se ensayó longitudinalmente en el canto de la probeta.
- Se probó en caras opuestas para obtener resultados a favor y contra el grano.

3.11.4 Calificación

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

- 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 24 Zonas de calificación de probetas de moldurado



Fuente: Ilustración propia

3.12 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), en los que se indica rangos de calificación que van de 1 a 5 grados. Ver cuadro 6

3.12.1 Rango, calidad, grado

Cuadro 5 Rango, calidad y 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)

La presencia de los defectos se evaluó considerando la extensión de los defectos en la superficie de la probeta y la severidad de los mismos, con la siguiente cuantificación numérica. Ver cuadro 7

Cuadro 6 Extensión y severidad de los defectos

Extensión del defecto	Categoría	Severidad del defecto	Categoría
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)

3.12.2 Sistema de evaluación de probetas de maquinado.

Promediando la combinación numérica de los grados de las variables de extensión y severidad de los defectos, se estableció la forma de evaluación indicada en la Tabla 2.

Tabla 2 Sistema de evaluación de probetas de maquinado

Extensión	severidad	combinación	promedio	Categoría
1	1	1—1	1	I Excelente
2	2	2—2	2	II Bueno
3	3	2—3	2.5	II Bueno
4	4	3—2	2.5	II Bueno
5	5	3—3	3	III Regular
		3—4	3.5	III Regular
		4—2	3	III Regular
		4—3	3.5	III Regular
		5—2	3.5	III Regular
		3—5	4	IV Pobre
		4—4	4	IV Pobre
		4—5	4.5	IV Pobre
		5—3	4	IV Pobre
		5—4	4.5	IV Pobre
		5—5	5	V Muy pobre

Fuente Zavala Z.D (1976)

3.13 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, Cuadro 8.

Cuadro 7 porcentajes de piezas sin defectos

CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS	% PIEZAS
Excelente	Sin defectos	90-100
Bueno	Con defectos ligeros	80-90
Regular		60-80
Pobre	Con defectos severos	50-60
Muy pobre		0-50

Fuente: Zavala Z.D (1976)

Cuadro 8 Grado, calificación, área de defecto en %, gravedad del defecto

GRADO	CALIFICACIÓN	ÁREA DE DEFECTO EN %	GRAVEDAD DEL DEFECTO
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)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados de ensayos de cepillado

Los resultados del presente estudio fueron evaluados por medio de estimadores estadísticos, con la finalidad de determinar y calificar las propiedades de Trabajabilidad de madera del Ciprés.

Tabla 3 Resultados del ensayo de cepillado

Clasificación velocidad constante 12 m/min													
ESTADO DE LA MADERA	Ángulo	Tangencial		Radial		Oblicuo							
		→	←	→	←	→	←						
MADERA SECA	15°	1,88	2,0	2,11	2,11	1,83	1,77	2,17	2,0	1,33	1,44	2,27	2,44
		0,74	1,55	0,33	1,55	0,5	1,88	0,25	1,77	0,71	2,0	0,36	1,88
		9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3
MADERA	30°	2,5	2,55	2,66	3,11	2,5	2,77	2,94	3,11	2,16	2,33	2,83	3,22
		0,5	1,55	0,25	1,88	0,43	1,66	0,30	1,88	0,25	1,88	0,43	1,88
		9	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9	3

X	X%
S%	SD
N	K

X	Promedio de los grados de defecto
X%	Promedio de los porcentajes de extensión del defecto
S%	Desviación estándar entre probetas
SD	Defecto dominante
N	Número de probetas
K	Número de arboles

Fuente: Elaboración propia 2018

Los resultados del cepillado de la madera de Ciprés se considera dentro del grado de calidad de regular en un ángulo de corte 15° por lo que presenta defectos superficiales, y mala en ángulo de corte 30°, considerando un porcentaje de 60 a 80 % libre de defecto. En la tabla 3 podemos verificar que a mayor ángulo de corte los defectos resaltan más ya sea en corte radial, tangencial y oblicuo.

4.1.1 Reporte de defectos secundarios del cepillado.

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

Tabla 4 Reporte de defectos secundarios del cepillado

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVERDAD DEL DEFECTO		
			Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
9	Tangencial	→ A favor del Grano	1,55 LEVE	1,33 LEVE	1,44 LEVE
9	Tangencial	← En contra del grano	1,55 LEVE	1,22 LEVE	1,88 LEVE
PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVERDAD DEL DEFECTO		
			Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado
9	Radial	→ A favor del Grano	1,66 LEVE	1,11 LEVE	1,66 LEVE
9	Radial	← En contra del grano	1,88 LEVE	1,11 LEVE	1,77 LEVE

PROBETAS	ORIENTACIÓN	SENTIDO	GRAVERDAD DEL DEFECTO		
			Grano arrancado	Grano vellosos	Grano levantado
9	Oblicuo	→ A favor del grano	1,88 LEVE	1,22 LEVE	1,44 LEVE
9	Oblicuo	← En contra del grano	1,88 LEVE	1,33 LEVE	1,88 LEVE

Fuente: (elaboración propia, 2018)

Figura 25 Defectos más frecuentes en el ensayo de cepillado del Ciprés



Fuente: Ilustración 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 encontraban dentro del rango de 1-2 por lo que se los podía calificar como calidad de buena.

4.2 Resultados de ensayos de lijado.

Tabla 5 Resultados del ensayo de Lijado

ORIENTACIÓN	DEFECTOS				VELOCIDAD DE ENSUCIAMIENTO	FACILIDAD DE REMOCIÓN DE SUCIEDAD	VELOCIDAD DE DESGASTE ABRASIVO	TEMPERATURA DE LA LIJA	
	Rayado		Vellosidad						
	→ A favor del grano	← En contra del grano	→ A favor del grano	← En contra del grano					
TANGENCIAL	1,66 9	0,56 3	1,94 9	0,58 3	1,11 9	0,33 3	1,22 9	0,44 3	C B B B
RADIAL	1,22 9	0,44 3	1,11 9	0,33 3	1,11 9	0,33 3	1,11 9	0,33 3	C B B B
OBLICUO	1,44 9	0,52 3	1,50 9	0,61 3	1,11 9	0,33 3	1,22 9	0,44 3	C B B B

A = Alta
B = Media
C = Baja

O	S
N	K

O	Valor promedio de los grados de defecto
S	Desviación estándar entre probetas
N	Número de probetas
K	Número de árboles

Fuente (elaboración propia, 2018)

O	S
N	K

O	Promedio de los tiempos
D	Desviación estándar entre los huecos
N	Número de probetas
K	Número de arboles

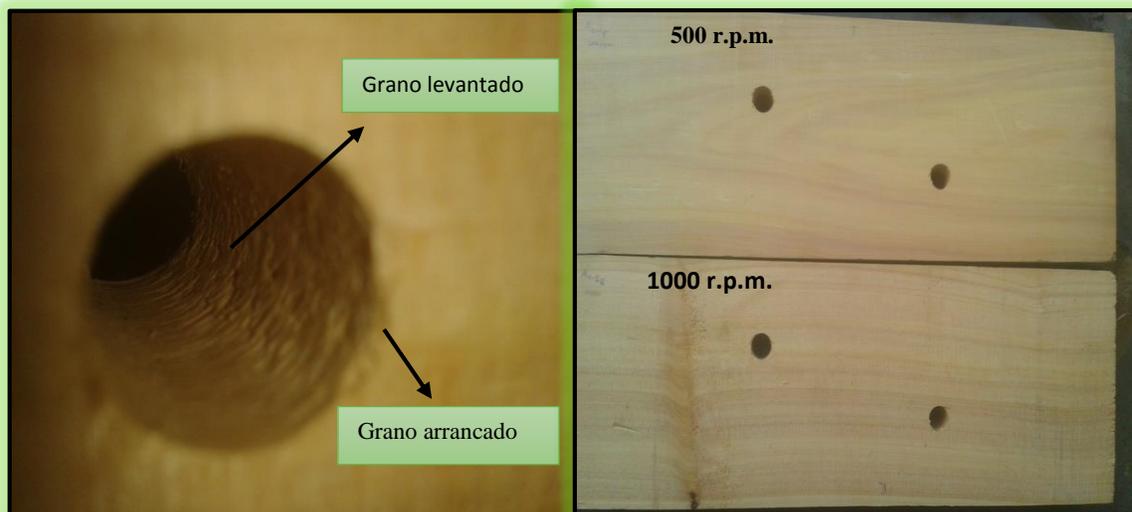
Fuente (elaboración propia, 2018)

Los resultados del ensayo de taladrado considerando la orientación y el número de revoluciones por minuto (r.p.m) concluyeron que a mayor velocidad de giro los defectos resaltan más, lo contrario que en menor velocidad los defectos disminuyen gradualmente según la orientación de la probeta. Categorizada en el rango 2-3 de calidad regular con un porcentaje libre de defectos de 60-80%.

4.3.1 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.

Figura 27 Defectos ensayo de taladrado



Fuente: Ilustración propia

Tabla 7 Reporte secundario del taladrado a 500 r.p.m.

PROBETAS	ORIENTACIÓN	GRAVERDAD DEL DEFECTO		
N°		Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado/Ast
3	Tangencial	2,33 Acentuado	1,66 Leve	2,00 Leve

Taladrado en corte tangencial defecto dominante grano arrancado categorizado como calidad de regular.

PROBETAS	ORIENTACIÓN	GRAVERDAD DEL DEFECTO		
N°		Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado/Ast
3	Radial	2,33 Acentuado	1,33 Leve	1,66 Leve

Taladrado en corte radial defecto dominante grano arrancado, categorizada como calidad de regular.

PROBETAS	ORIENTACIÓN	GRAVERDAD DEL DEFECTO		
N°		Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado/Ast
3	Oblicuo	2,66 Acentuado	1,66 Leve	2,00 Leve

Taladrado en corte oblicuo, defecto dominante grano arrancado categorizado como calidad de regular.

Fuente (elaboración propia. 2018)

Tabla 8 Reporte secundario de taladrado a 1000 r.p.m.

PROBETAS	ORIENTACIÓN	GRAVERDAD DEL DEFECTO		
N°		Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado/Ast
3	Tangencial	3,00 Acentuado	1,66 Leve	1,33 Leve

Taladrado en corte tangencial defecto dominante grano arrancado categorizado como calidad de regular.

PROBETAS	ORIENTACIÓN	GRAVERDAD DEL DEFECTO		
N°		Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado/Ast
3	Radial	3,00 Acentuado	1,33 Leve	1,66 Leve

Taladrado en corte radial defecto dominante grano arrancado categorizada como calidad de regular.

PROBETAS	ORIENTACIÓN	GRAVERDAD DEL DEFECTO		
N°		Grano arrancado	Grano veloso	Grano levantado/Ast
3	Oblicuo	2,66 Acentuado	1,33 Leve	1,66 Leve

Taladrado en corte oblicuo, defecto dominante grano arrancado categorizado como calidad de regular.

Fuente: (elaboración propia, 2018)

4.4 Resultados de ensayos de torneado.

Tabla 9 Resultados del ensayo de Torneado

ÁNGULO DE CORTE	CORTE PARALELO AL GRANO				
	Tiempo (Seg)	Número de probetas	Número de arboles	Defecto de grano arrancado	Defecto de grano vellosos
ÁNGULO DE 0°	25,24	3	3	1,66 Buena	1,00 Excelente
	1,90			0,57	0,00
ÁNGULO DE 15°	21,66	3	3	3,00 Regular	1,00 Excelente
	0,94			0,50	0,00
ÁNGULO DE 40°	20,83	3	3	1,83 Buena	1,00 Excelente
	1,36			0,76	0,00

O (t)	Es el promedio de los tiempos en segundos.
S (t)	Es la desviación estándar entre probetas del tiempo

O (g)	Es el promedio de los grados del defecto.
S (g)	Es la desviación estándar entre probetas.

Fuente (elaboración propia, 2018)

Los resultados del ensayo de torneado según el ángulo 0° se calificó como buena en grano arrancado y excelente en grano vellosos.

En el ángulo de 15° se calificó como regular en grano arrancado y excelente en el defecto grano vellosos.

Posteriormente en el ángulo de 45° se calificó como buena en grano arrancado y excelente en el defecto grano vellosos.

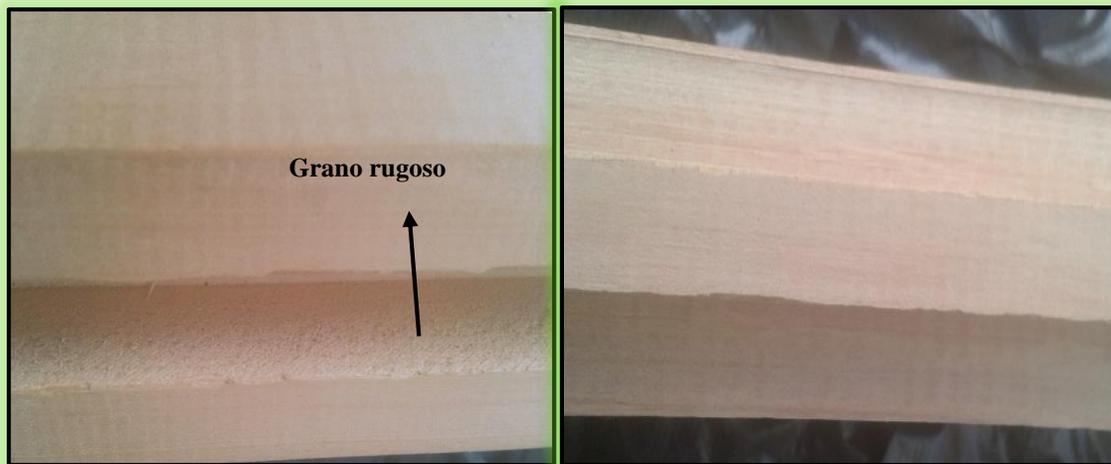
Figura 28 Resultados ensayo de torneado



Fuente: Ilustración propia

4.5 Resultados de ensayos de moldurado.

Figura 29 Resultados del corte simple y doble en el ensayo de moldurado



Fuente: Ilustración propia

Tabla 10 Resultados del ensayo de Moldurado (calificación corte doble)

Sentido	Ancho marca (mm)			CALIFICACIÓN								
				CORTE DOBLE								
				TANGENCIAL			RADIAL			OBLICUO		
	T	R	O	AST/LEV	ARR	RUG	AST/LEV	ARR	RUG	AST/LEV	ARR	RUG
→ A favor del grano	1	1	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
				3	3	3	3	3	3	3	3	3
				3	3	3	3	3	3	3	3	3
← En contra del grano	1	1	1	1,00	1,50	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	2,00	1,00
				0,00	0,71	0,00	0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00
				1,00	1,50	1,00	1,00	1,50	1,00	1,00	2,00	1,00
				0,00	0,71	0,00	0,00	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00
				3	3	3	3	3	3	3	3	3
				3	3	3	3	3	3	3	3	3

En el corte doble se pudo observar de acuerdo a la tabla 10, que a favor del grano se mostró excelentes resultados tanto en grano astillado, arrancado y rugoso. Sin embargo a contra grano se observa resultados los cuales el defecto dominante es el grano arrancado calificado de 1-2 como buena.

Fuente (elaboración propia, 2018)

O (g)	Promedio de los grados del defecto
S (g)	Desviación estándar entre probetas del grado.
O (%)	Promedio del porcentaje de extensión del defecto.
S (%)	Desviación estándar entre probetas de la extensión.
N	Número de probetas
K	Número de árboles

Fuente (elaboración propia, 2018)

El resultado del ensayo de moldurado en el corte simple, considerando la dirección del grano, orientación de la probeta y tipo de corte se lo pudo calificar en un rango de 2-3 considerándola de calidad regular. Con un porcentaje de piezas libre de defecto 60-80 %.

Cuadro 9 Resumen de los resultados de trabajabilidad aproximado al 15% de C.H.

ESPECIE	CEPILLADO	LIJADO	TALADRADO	TORNEADO	MOLDURADO
Ciprés (<i>Cupressus sp</i>)	Con velocidad constante 12m/min. A 15° Calificado como regular. Y a 30° mala.	Calificación con lija N° 100 es, buena.	Calificado como regular tanto en 500 r.p.m y 1000 r.p.m.	Tomando en cuenta los tres ángulos en 0° buena, 15° regular, y 40° calificado como buena.	Corte doble calificada como buena y corte simple como regular.

Fuente (elaboración propia, 2018)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Con un contenido de humedad del 15% la madera de Ciprés sometida a los ensayos de trabajabilidad se tiene las siguientes conclusiones:

- El ensayo de cepillado para la especie Ciprés (*Cupressus sp*) correspondiendo a una calificación regular en el ángulo de corte 15° por lo que presenta defectos superficiales, y en el ángulo de 30° calificada como mala. El factor velocidad de alimentación fue determinante para que se presentaran tales defectos, ya que cepillando a velocidades de alimentación lentas se obtiene mejores resultados. La severidad de los defectos de cepillado, fueron en general bajos ya que pueden ser eliminados con facilidad con el proceso de lijado. Demostrando con esto que el Ciprés tiene una calidad regular en el cepillado con un 60-80% de probetas libre de defectos. Los defectos más frecuentes fueron de grano arrancado, grano levantado que se consideran como grano dominante tanto a favor y a contra grano.
- Los resultados del ensayo de lijado fueron positivos en los dos defectos, tanto en rayado como en vellosidad dando un rango entre 1-2 calificándola de buena ya que se presentó mejores resultados en la madera lijando a favor del grano, comparando con el lijado en contra del grano. Entonces el lijado en la madera de Ciprés demuestra una buena calidad, con un porcentaje 80-90% de probetas libres de defectos.
- En la operación del taladrado, en lo que se refiere la calidad de entrada y salida de la broca, y en la calidad interna del orificio, se pudo observar como grano dominante al defecto grano arrancado con un rango de 2-3 considerado como calidad de regular ,seguido del levantado o astillado. En general la madera de Ciprés en el ensayo de taladrado presenta un porcentaje de piezas libre de defecto de 60-80 %.

- Los resultados del ensayo de torneado tomando en cuenta los tres ángulos de corte fueron en 0° buena, 15° regular, y 40° calificado como buena. en el defecto de grano arrancado y defecto grano velloso categorizada como excelente (sin defectos), estos defectos son mínimos al realizar el torneado a una velocidad de giro de 2200 r.p.m. ya que se obtuvieron buenos resultados alcanzando un porcentaje libre de defectos 60-80%.
- Considerando la dirección del grano, orientación de la probeta y tipo de corte los defectos de moldurado de la madera que más superficie afectada mostraron fueron el grano arrancado en el corte doble y a contra grano, llegando a calificarse 1-2 como buena, seguido el grano astillado y rugoso alcanzando una calificación 2-3 considerándola regular. Siendo un factor importante la dirección de grano, se obtuvo excelentes resultados realizando el corte de moldura a favor del grano. En general se pudo calificar un rango de 2-3 considerándola de calidad regular tanto en corte simple como en corte doble. La severidad de los defectos de moldurado fueron bajos ya que pueden ser eliminados con facilidad con el lijado. Entonces la madera de Ciprés ofrece una calidad regular de moldurado con un 60-80% de probetas libre de defectos.

5.2 Recomendaciones

- Poner a disposición los resultados obtenidos en el presente estudio, con la finalidad de que se conozcan las potencialidades de esta especie y de esta manera logren mejores oportunidades de competitividad en el mercado de los productos forestales maderables.
- Realizar tratamientos profilácticos a la madera ya aserrada de este modo evitar la invasión de hongos u otros agentes patógenos. y parafinear los extremos de la madera aserrada con el fin de evitar rajaduras o grietas.
- Aserrar la madera a sobre medida para hacer secar al aire libre hasta que alcance su contenido de humedad según la norma (menor a 15%, óptima al 12%).

- El proceso de torneado se realiza en piezas que regularmente se integran como componentes de diversos productos. De la especie estudiada, presentan buenas características de tersura y se sugiere que se utilicen en piezas torneadas.
- El moldurado se realiza en piezas que se utilizan para adornar componentes de otros trabajos, y la elegancia es una condicionante de las maderas que se utilizan para este fin. De esta manera es que al obtener resultados buenos se recomienda esta especie para dichos trabajos.
- El proceso de taladrado se considera que no afecta la apariencia de la superficie de la madera, pero puede influir en la calidad de los productos por deficiencias en el ensamble.
- El objetivo del lijado es eliminar asperezas de la superficie de la madera, que puede ser factible con la combinación apropiada de lijas. Sin embargo, al eliminar las asperezas puede ocasionar también una reducción en dimensiones de la madera, que la haría inadecuada para el uso destinado, lo que fundamenta la importancia de la calidad de los otros procesos analizados (cepillado, torneado y moldurado).
- En general, y considerando todos los aspectos observados se pudo comprobar que la madera de Ciprés es de fácil trabajabilidad, no ofrece ninguna dificultad grave en su proceso ya que en todas las pruebas se presentaron buenos resultados, demostrando un buen acabado, por lo tanto se puede recomendar para la elaboración de muebles de carpintería, ebanistería, molduras, torneados y artesanías.