

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

FACULTAD DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA



EVALUACION DEL PRETRATAMIENTO TERMICO SOBRE LA
CALIDAD DE LA MADERA SECA DE EUCALYPTUS NITENS

Informe de Habilitación Profesional
Presentado en conformidad a los requisitos
Para optar al Título de Ingeniero Civil Mecánico

Profesor Guía:
Sr. Carlos Rozas Mellado
Profesor Co-guía:
Sr. Juan Carlos Figueroa

PABLO ANDRES MEDINA NAVARRETE

CONCEPCIÓN-CHILE
2016

AGRADECIMIENTOS.

Quiero agradecer a todos quienes han contribuido, acompañado y han facilitado el trabajo realizado durante mi habilitación profesional. Esta experiencia no hubiera sido lo mismo sin las personas con las que tuve la oportunidad de compartir durante este año.

Quiero agradecer a mi profesor guía, señor Carlos Rozas Mellado por entregarme de forma abierta sus conocimientos, ya que sin él no hubiese sido posible el desarrollo de este trabajo. Además, agradecer a Claudio Montero, por su apoyo y preocupación en esta etapa final de mi carrera. También agradecer al profesor Juan Carlos Figueroa que fue una parte fundamental en la decisión del tema de mi habilitación profesional. Por otra parte, me gustaría agradecer a mi familia, padres, hermanos y polola por todo el apoyo que me han entregado durante todo el trayecto de mis estudios universitarios y por nunca dejar de creer en mis capacidades, sin su apoyo nada de esto hubiese sido posible.

A Todos ustedes muchas gracias.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del tratamiento térmico, en las piezas de madera aserrada de *Eucalyptus nitens* en dos edades distintas. Lo cual se enmarca dentro del proyecto CD-Ines 15-02 “Desarrollo de un proceso térmico en trozas de *Eucalyptus nitens* para la producción de madera aserrada de alto valor agregado”.

Se seleccionaron 12 árboles procedentes de la empresa Forestal Natalhue, prevaleciendo árboles de baja conicidad y ramificación. Se obtuvieron 58 trozas de 2 metros, 28 de edad A y 30 de edad B. La mitad de las trozas fueron sometidas al macerado en agua caliente y la otra mitad fueron consideradas trozas de control. Posteriormente las trozas fueron aserradas, en el Pabellón tecnológico de la madera, favoreciendo el corte de tipo radial. Las piezas fueron divididas en 3 grupos, piezas sometidas a temperatura T1, piezas sometidas a temperatura T2 y piezas utilizadas como control. Las piezas sometidas a T1 y T2 fueron sometidas a dos tiempos distintos de tratamientos (t1 y t2). De los resultados obtenidos se puede indicar que, el tratamiento de trozas y el tratamiento de la madera aserrada, generó una disminución notoria de las tensiones de secado y gradientes de humedad. Además, los tratamientos permitieron disminuir hasta en un 63% el colapso, en un 60% la torcedura, en un 62% la encorvadura y en un 47% la acanaladura. La madera aserrada que fue sometida a la temperatura T1, generó los menores contenidos de humedad al final del secado, con un contenido de humedad promedio del 18%.

El macerado de las trozas y el tratamiento térmico de la madera aserrada, tuvieron un efecto positivo sobre las grietas internas y superficiales generando una disminución notoria en éstas. además, la madera aserrada de *Eucalyptus nitens* es más propensa a presentar grietas internas que grietas superficiales, la madera aserrada sometida al tratamiento T1 t2 presentó una presencia de grietas internas del 17% en madera aserrada de 1” cuando fue sometida a tratamiento de trozas. De los resultados obtenido, el colapso, la arqueadura, la encorvadura, velocidad de secado, tensiones de secado, gradientes de humedad y grietas, presentaron una reducción en la madera aserrada cuando las trozas fueron sometida a macerado y cuando la madera aserrada fue sometida a tratamiento, concluyendo que los tratamientos aplicados generan una mejora en la calidad y en la velocidad de secado de la madera aserrada de *Eucalyptus nitens*.

Tabla de contenido

3. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
3.1 Descripción de la especie.	1
3.2 Estructura de las latifoliadas.....	1
3.3 Secado de la madera.	2
3.4 Tipos de corte de la madera.....	3
3.5 Contracción y colapso.	4
3.6 Tensiones de la madera.	4
3.7 Humedad de la madera y su movimiento en la madera.	6
3.7.1 Agua libre.....	6
3.7.2 Agua higroscópica.....	7
3.7.3 Movimiento capilar de la madera.	7
3.7.4 Movimiento de difusión en la madera.	7
3.8 Gradiente de humedad.....	8
3.9 Defectos de secado.	8
3.9.1 Torcedura.....	9
3.9.2 Arqueadura.....	9
3.9.3 Encorvadura.....	10
3.9.4 Acanaladura.....	10
3.10 Grietas superficiales e internas.	10
4. MATERIALES Y MÉTODO.....	12
4.1 Madera.....	13
4.2 Tratamientos.....	13
4.3 Aserrado de las trozas.....	15
4.4 Secado de la madera.	15
4.5 Medición de las piezas según NCh 993.Eof.72.....	15
4.6 Medición de alabeos y defectos de las piezas.	16
4.6.1 Torcedura.....	16
4.6.2 Arqueradura.....	17
4.6.3 Encorvadura.....	17
4.6.4 Acanaladura.....	18
4.6.5 Grietas internas.....	18
4.6.6 Grietas superficiales.	19
4.7 Contenido de humedad según NCh 176/1.....	19

4.8	Gradiente de humedad.....	20
4.9	Tensiones de secado.....	21
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
5.1	Alabeos.....	23
5.1.1	Promedios de Colapsos.....	23
5.1.2	Promedios de arqueadura y clasificación según norma NCh 993.....	28
5.1.3	Promedios de torceduras y clasificación según norma NCh 993.....	32
5.1.4	Promedios de encorvadura y clasificación según norma NCh 993.....	37
5.1.5	Promedios de acanaladura y clasificación según norma NCh 993.....	43
5.2	Variación de alabeos entre la etapa después de aserrío y la etapa después de secado.....	47
5.2.1	Variación de la arqueadura.....	47
5.2.2	Variación de encorvadura.....	48
5.2.3	Variación de torcedura.....	50
5.3	Tensiones de secado.....	51
5.4	Gradiente de humedad.....	54
5.5	Contenido de humedad.....	57
5.5.1	Contenido de humedad promedio según tratamiento.....	57
5.5.2	Curvas de secado.....	59
5.5.3	Distribución del contenido de humedad en los castillos de secado.....	61
5.6	Grietas internas y grietas superficiales.....	65
6.	CONCLUSION.....	68
7.	BIBLIOGRAFIA.....	70
	ANEXOS.....	73
	ANEXO N°1: Desviaciones estandar de los alabeos, tensiones de secado y gradientes de humedad.....	74
	ANEXO N°2: Aumento o disminución de alabeos según el tratamiento térmico de las trozas.....	83
	ANEXO N°3: Descripción técnica de las máquinas.....	91

1. INTRODUCCIÓN.

INFOR (2004) sostiene que el *Eucalyptus nitens* es la especie con mayor velocidad de crecimiento de la industria forestal chilena, destaca también por adecuarse a temperaturas extremas, sobre todo al frío (-12°C). El objetivo principal de la madera de *Eucalyptus nitens* es producir madera rolliza delgada para producir fibra de celulosa. Para ello las plantaciones se manejan en turnos de 8 a 12 años, sin intervenciones de poda o raleo. Otra opción es producir madera rolliza gruesa podada para aserrío y/o chapas debobinadas y/o foliadas. Para ello las plantaciones deben ser manejadas a través de podas oportunas y raleos, considerando turnos de corta de 15 a 20 años.

Las principales limitaciones para la producción de madera sólida de *Eucalyptus nitens* son los elevados niveles de tensiones de crecimiento en árboles en pie y en trozas, las cuales al ser liberadas durante la cosecha y procesamiento industrial pueden determinar pérdidas de rendimiento y calidad por rajaduras (en trozas de madera) y alabeos. También la ocurrencia y severidad de grietas superficiales en madera aserrada y chapas (INFOR, 2004).

Por la rapidez de crecimiento y altos niveles de producción, el *Eucalyptus nitens* resulta ser muy atractivo para las empresas celulosas y madereras. Un total de 961 piezas de *Eucalyptus nitens* fueron sometidas a estudio con el fin de mejorar la calidad de la madera aserrada, disminuyendo sus limitaciones para la producción de madera sólida (alabeos, grietas, colapsos y tensiones). Para esto, la mitad de las trozas fueron sometidas a tratamiento antes de ser aserradas y otras fueron utilizadas de testigo, luego dos tercios de las piezas aserradas fueron sometidas a tratamientos a distintas temperaturas y tiempos y el resto fue utilizado como testigo.

Tuset & Durán (1979) señalan que la manifestación del colapso aparece con mayor intensidad en las caras de corte radial que en las caras de corte tangencial. Gutiérrez (1996) en un estudio de secado de tablas radiales y tangenciales de *Eucalyptus nitens*, sostiene que las tablas tangenciales presentan un notorio defecto de arqueadura. Rozas (2002) en un estudio de resultados tecnológicos, obtuvo tensiones de 0,57 y 0,89[mm] para madera aserrada de *Eucalyptus nitens*. Rozas (2002) en el estudio de resultados tecnológicos, obtiene promedios de gradientes de humedad que van del 0,66% a 0,75% lo que según Welling.

Esta investigación se enmarca en el proyecto Fondef, cuya finalidad es aumentar un aumento del valor agregado de la madera sólida de *Eucalyptus nitens*. El proyecto se encuentra liderado por el docente Carlos Rozas, junto a un grupo de investigadores de la Universidad del Bío-Bío.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la temperatura y tiempo del tratamiento térmico sobre la calidad de la madera aserrada seca de *Eucalyptus nitens*

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de la temperatura y tiempo del tratamiento térmico sobre el colapso y las grietas en madera aserrada de *Eucalyptus nitens*.
- Evaluar el efecto de la temperatura y tiempo del tratamiento térmico sobre la reducción de los alabeos en madera aserrada de *Eucalyptus nitens*.
- Evaluar el efecto de la temperatura y tiempo del tratamiento térmico sobre el contenido de humedad, gradiente de humedad y tensiones de secado en madera aserrada de *Eucalyptus nitens*.

3. ANTECEDENTES GENERALES.

3.1 Descripción de la especie.

El *Eucalyptus nitens* (*Shining gum*), es una especie nativa del Sudeste de Australia, distribuida en un gran número de pequeñas poblaciones, desde los 38° S Centro y Este del Estado de Victoria, hasta los 30° S en el noreste del Estado de Nueva Gales del Sur, (INFOR, 2004). Correspondiente a la clase *Angiospermae*, subclase *Dicotyledonia* y familia *Myrtaceae*. Este eucalipto de zonas templadas, presenta un rápido crecimiento con un incremento medio anual en volumen que oscila entre los 30 y 45 $\left(\frac{m^3 \cdot \text{año}}{ha}\right)$ (INFOR, 2006), muestra una aptitud pulpable y un potencial para productos sólidos en madera. Además, posee una buena adaptabilidad a una gran variedad de condiciones de suelo y climas, donde las precipitaciones medias anuales superen los 800 [mm/año].

Es un árbol caracterizado por tener un tronco recto con corteza blanquecina o agrisada, lisa, la cual se desprende en tiras, donde el tamaño y vigor de sus copas, la altura del árbol y el diámetro están relacionados de manera directamente proporcional. Puede alcanzar en su distribución natural diámetros de 1,8 [m] (Nicholls & Pederick, 1979).

Esta especie de eucalipto introducida a Chile el año 1967 por un estudio de introducción de especies por el instituto Forestal (INFOR, 2004). Hasta el día de hoy es la especie plantada en Chile que presenta el mayor crecimiento anual, con una densidad básica que oscila entre los 490 y 520 $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$ para árboles entre 9 y 17 años (INFOR, 2006). Con la elevada tasa de crecimiento del *Eucalyptus nitens*, éste permite efectuar cosechas tempranas de madera delgada para la industria de la celulosa, con edades de 8 a 12 años.

3.2 Estructura de las latifoliadas.

Según Sepulveda, Juacida & Inzunza (2007) La estructura de las especies latifoliadas es más compleja que las coníferas, muestra tres grandes tipos de tejidos: el conductor, que es formado por los vasos, el sostén, formado por las fibras y el de reserva, formado por las células parenquimáticas. La mayor parte de estos se orientan axialmente, no superando los 2 [mm] de longitud. Los vasos a simple vista parecen poros y dan un aspecto característico en la sección transversal y su distribución puede ser aislada, en grupos radiales o bien en grupos tangenciales, como regla general todos los que se

forman al comienzo del periodo vegetativo tienen paredes más delgadas y los lúmenes son más anchos que los desarrollados en el periodo final.

Los vasos presentan en sus paredes longitudinales punteaduras de tamaño notablemente inferior que las presentes en las células de las traqueidas. Las punteaduras de paso con las fibras y traqueidas suelen ser areoladas, y las que se dan entre vasos y parénquima suelen ser simple o semi-aeroladas.

Los líquidos pueden penetrar en los lúmenes de las fibras por medio de las punteaduras de paso con los elementos vasculares y células de parénquima adyacentes. No obstante, la permeabilidad y tratabilidad de las fibras es pobre.

El parénquima, se presenta en su mayor parte agrupado alrededor de los vasos y radios leñosos, tiene poca importancia, sus células redondas o levemente poligonales en sección transversal, están llenas de sustancias de reserva.

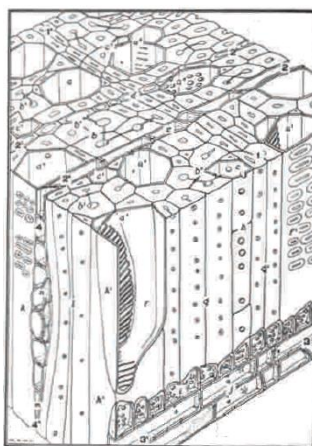


Figura 3.1 Estructura de las especies latifoliadas.

Fuente Fritz (2003).

3.3 Secado de la madera.

Según Arango, 1998. Todo proceso relacionado con el crecimiento y desarrollo de un árbol en pie depende del movimiento de agua en toda su extensión. Una gran parte de esta agua debe ser eliminada antes de transformar la madera en un material aprovechable para la elaboración de productos que puedan cumplir con los estándares de calidad requeridos para entrar en el mercado. Toda la problemática que se relaciona con el movimiento del agua (hinchamiento y contracción) de la madera puede ser controlado mediante la aplicación de tecnologías o tratamientos apropiados.

El proceso de secado consiste en extraer el exceso de agua que contiene la madera de una manera adecuada, el cual permita llevar la madera al contenido de humedad adecuado y liberar las tensiones de ésta, obteniendo así un producto estable para poder desarrollar artículos de madera de buena calidad.

El secado natural de madera aserrada se lleva a cabo en patios de secado. Éstos terrenos han de ser de piso duro y compactado, ubicado en sectores no inundables que posean buen drenaje. Para obtener un buen resultado del secado es fundamental realizar un correcto apilado de las piezas.

La temperatura, la humedad relativa, la velocidad y la presión del aire ambiente realizan el secado hasta el contenido de humedad de equilibrio del lugar (Arango, 1998)

3.4 Tipos de corte de la madera.

Según BOLFOR, 1998. Las trozas de madera pueden cortarse en el sentido de su eje de crecimiento de tres formas diferentes a continuación, se describirá cada uno:

Corte radial (Rd): Este tipo de corte lleva la dirección de los radios medulares, es decir que el corte parte de los anillos de crecimiento pasando o no por el centro. Este tipo de corte es utilizado en la construcción, ya que las piezas presentan menos deformaciones y al mismo tiempo una mayor resistencia mecánica.

Corte tangencial (Tg): Este tipo de corte es perpendicular a la dirección de los radios medulares y tangente a los anillos de crecimiento de la troza.

Corte Mixto (Mx): Este tipo de corte es una mezcla entre el corte radial y tangencial. Sin tener bien definido uno de éstos.

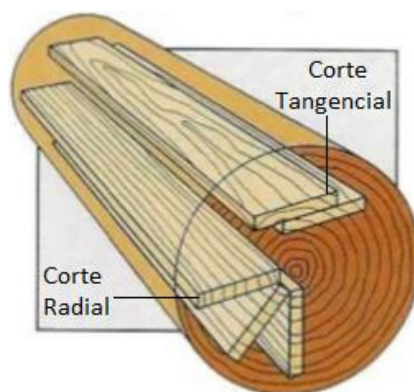


Figura 3.2 Ilustración de corte radial y corte tangencial.

Fuente Stevenson (2009).

3.5 Contracción y colapso.

El colapso es una contracción excesiva e irregular generada por las tensiones capilares sobre la pared celular de las fibras, en el cual el esfuerzo ocasionado supera la resistencia en la tensión perpendicular a las fibras, formando así un aplastamiento de las fibras de madera, produciendo grietas internas, grietas superficiales por colapso de la madera y una disminución del espesor aprovechable de la madera. Se produce durante el periodo de secado, sobre el punto de saturación de la fibra (PSF) (Perez, 1993 citado por Rozas 2003).

Otros autores plantean que suele aparecer en maderas al momento de ser secadas lentamente o en horno a temperaturas o humedades demasiado altas; también en algunas maderas cuando se somete a un secado rápido a la intemperie. La manifestación de esta contracción aparece con mayor intensidad en las caras de corte radial que en las caras de corte tangencial (Tuset y Durán, 1979). Ambas condiciones se dan en las primeras etapas de secado (Kollmann & Côté, 1968, citado por Rozas, 1993).

El *Eucalyptus nitens* en Chile es una especie de alto crecimiento y debido a esto genera bajas densidades en sus anillos de crecimiento, con menores densidades en la madera temprana que en la tardía, dando origen a una contracción diferencial entre ambas zonas (INNES, 1995 citado por Rozas, et al, 2005). A causa de esto ésta especie es altamente susceptible a sufrir colapso, provocando contracciones no uniformes dentro de la misma pieza de madera.



Figura 3.3 Pieza aserrada de *Eucalyptus nitens* con presencia de Colapso.

Fuente Elaboración propia.

3.6 Tensiones de la madera.

Mientras el árbol está en pie, las tensiones de crecimiento se encuentran en equilibrio a lo largo del tronco. Luego del volteo, dichas tensiones comienzan inmediatamente a liberarse, lo que provoca

que los tejidos que estaban bajo tracción tiendan a contraerse longitudinalmente (periferia del tronco) y los tejidos que estaban bajo compresión (parte central) tiendan a expandirse longitudinalmente. Este reordenamiento, en primera instancia, genera rajaduras en los extremos de las trozas y diversos alabeos en las piezas aserradas (Schaitza & Pereira, 1997; Del Menezzi et al, 1998; Touza, 2001).

El termino de madera tensionada abarca todos los síntomas generados por gradientes de humedad que se forman en el interior de la madera durante el proceso de secado. Comprende también la disminución aparente de la permeabilidad (al flujo de salida) debido al secado de la capa superficial y fundamentalmente al desarrollo de tensiones de secado que pueden permanecer en la madera aún después de que el proceso de secado ha finalizado (Álvarez & Fernández-Golfín, 1992). Un secado demasiado rápido generará defectos (principalmente colapsos en maderas densas y gruesas), los cuales no siempre son posibles de eliminar.

Cuando la superficie de la pieza aserrada alcanza el punto de saturación de la fibra (PSF) y el interior aún se encuentra bajo él, se desarrolla una condición de esfuerzo debido a que el exterior disminuye su dimensión (contracción), pero no puede ser desarrollada al máximo porque el interior lo imposibilita. Se dice entonces, que las capas secas del exterior están forzadas y sometidas a un estado de tracción o tensión (Peredo et al., 1985). Las tensiones de secado pueden generar deformaciones indeseadas de la madera una vez que ésta se prepara para su aplicación final. Las tensiones de secado pueden comprobarse aserrando una lámina delgada de madera en franjas angostas mediante una sierra huincha. Mientras mayor sea el arqueamiento de estas franjas mayores serán las tensiones. Relacionado a la evaluación de las tensiones de la madera, existe una forma sencilla de determinar o visualizar el grado de tensión que pueda presentar la madera, por medio de la elaboración de probetas llamadas tenedores de tensión, los cuales son extraídos de cortes de la madera aserrada, y pueden ser elaboradas con dos o cuatro pinzas. En la evaluación de la tensión de la madera, si al momento del corte, las pinzas externas del tenedor se curvan hacia adentro esto es una indicación de que la madera tiene esfuerzos de compresión en la superficie de la pieza y en tracción en el interior. Si las pinzas se mantienen rectas o muy ligeramente curvadas hacia afuera, la madera está prácticamente libre de esfuerzos. Por último, si las pinzas del tenedor se curvan visiblemente hacia afuera, significa que se han invertido los esfuerzos, la superficie de la pieza está bajo tracción y el interior se encuentra en compresión. Esto indica un exceso de humedad de la madera durante el acondicionado (BOLFOR, 1998).



Figura 3.4 Probeta tenedor para medir tensiones de secado.
Fuente Elaboración propia.

3.7 Humedad de la madera y su movimiento en la madera.

La madera de un árbol recién cortado, contiene una importante cantidad de agua, variando el contenido según la época del año, la región de procedencia y la especie forestal de que se trate. Las maderas con menores densidades por ser más porosas, contienen una mayor cantidad de agua que las de mayor densidad. La albura, de igual modo, por estar conformada por células cuya función principal es la conducción de agua, presenta un mayor contenido de humedad que el duramen. Esto indica que el porcentaje de agua contenido en los espacios vacíos y en las paredes celulares de la madera es variable en el árbol vivo.

El contenido de humedad influye en la capacidad mecánica de la madera (Perez, 1983), es decir que bajo el PSF cuando ocurre la eliminación total del agua libre en el interior de las células, con un contenido de humedad alrededor del 28-30%, sus propiedades mecánicas se ven favorecidas, se incrementa la resistencia, la flexión estática, compresión paralela y compresión perpendicular. Sin embargo, este aumento disminuye la propiedad de tenacidad de la madera (Díaz-Vaz & Cuevas, 1982; Perez, 1982; Cuevas, 2003 citado por Burgos, 2009).

El contenido de humedad en árboles en *Eucalyptus nitens* se encuentra alrededor del 135%, en árboles recién cortados (Navarrete & Vergara, 1999). Otro autor menciona que el contenido de humedad inicial del *Eucalyptus nitens* es de 140% (Rozas, 2005 citado por Burgos, 2009).

El agua que contiene la madera se encuentra bajo diferentes formas (agua libre y agua de saturación).

3.7.1 Agua libre.

Se denomina agua libre al agua que se encuentra ocupando las cavidades celulares o lumen de los elementos vasculares, resultando la condición de madera verde. La cantidad de agua libre que contiene la madera está condicionada por su volumen de poros (Vargas, 1987).

Al llevar a cabo el secado, el agua libre va saliendo fácilmente por la evaporación, ya que es mantenida en la madera por medio de fuerzas capilares débiles, hasta el momento en que no se

contiene más agua de este tipo. Éste punto se conoce como el PSF, que corresponde entre un 28% y 30% de contenido de humedad (SIAU, 1984 citado por Alcoba, 2009).

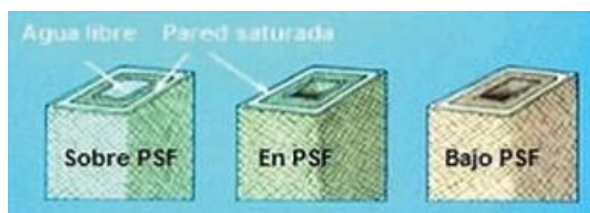


Figura 3.5 Punto de saturación de la fibra.

Fuente Fritz (2003).

Para retirar el agua libre se deben utilizar bajas temperaturas en las etapas iniciales de secado debido a los riesgos asociados a la remoción rápida de agua a altas temperaturas (Klitzke, 2005).

3.7.2 Agua higroscópica.

Es el agua que se encuentra en las paredes celulares, también recibe el nombre de agua retenida, se encuentra bajo el PSF, es decir, con menos de un 30% de humedad. Se mueve por difusión a través de las paredes celulares como consecuencia de las fuerzas originadas por el gradiente de humedad, cuando este tipo de agua es removida de las paredes, la madera comienza a sufrir cambios dimensionales (Klitzke, 2005 citado por Alcoba, 2009).

3.7.3 Movimiento capilar de la madera.

Este movimiento ocurre sobre el PSF debido a las fuerzas capilares cuando la humedad se mueve desde el interior hacia la superficie. El movimiento capilar ocurre a mayor velocidad a medida que aumenta la temperatura, por la existencia de burbujas de aire en el interior de las células y por el aumento en diámetro de las punteaduras (Stamm, 1964).

3.7.4 Movimiento de difusión en la madera.

Es el movimiento de humedad a través de la madera que ocurre bajo el PSF, el agua retenida se mueve por medio de las paredes celulares por una gradiente de humedad, evapora y atraviesa las cavidades celulares por una gradiente de presión de vapor, torna a condensar para atravesar las paredes celulares y así sucesivamente hasta alcanzar la superficie de la madera (Hart, 1975).

3.8 Gradiente de humedad.

El gradiente de humedad es un factor crítico en el secado, debido a que es el factor más importante que induce a las tensiones de secado y degradaciones de la madera (Pang 1996), la formación de gradientes de humedad elevados ocurre cuando la madera es secada rápidamente, causando una contracción no uniforme en el espesor de la madera (Resch et al. 1989), es por esta razón que pueden ser predichos los gradientes de humedad, es posible ajustar los programas y condiciones de secado para prevenir la ocurrencia de defectos de la madera. Los gradientes de humedad son clasificados en dos periodos (Hart, 1964, citado por Montero, 2013).

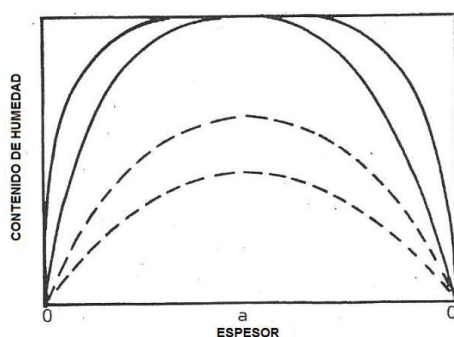


Figura 3.6 Gradientes de humedad en la madera, indicando el primer periodo (línea sólida) y el segundo periodo (línea segmentada).

Fuente Hart (1964).

En el primero periodo el gradiente de humedad avanza de la superficie hacia el centro de la pieza sin la existencia de cambios en el contenido de humedad, en el centro de la pieza, siendo en todo el espesor el contenido de humedad aproximadamente constante, además se tiene que la superficie alcanza instantáneamente el contenido de humedad de equilibrio y no cambia de ese valor. En el segundo período el gradiente de humedad ya ha alcanzado el centro de la pieza y el contenido de humedad en el centro comienza a disminuir, el rango de contenido de humedad no es constante y decreciente con el tiempo (Hart, 1964, citado por Montero, 2013).

3.9 Defectos de secado.

Los alabeos son las deformaciones que acostumbra experimentar una pieza de madera debido a la curvatura de sus ejes longitudinales, transversales o ambos. Los más frecuentes son:

- Torcedura
- Arqueadura
- Encorvadura
- Acanaladura

El *Eucalyptus nitens* presenta altos niveles de alabeos (Ilic 1999, Rozas et al. 2005), en donde el defecto de la encorvadura es el que limita el uso de madera radial y para las piezas tangenciales el defecto más notorio es el de arqueadura, no obstante, esto puede ser corregido durante el periodo de secado (Rozas et al, 2005).

3.9.1 Torcedura

Es un alabeo helicoidal (revirado) en la dirección longitudinal y transversal de las fibras. Se presenta en maderas que tienen grano espiralado, diagonal, transversal, entrelazado y también ocurre debido a un mal encastillado, sobre todo en lo referente a la selección del espesor.

También puede presentarse en piezas de grano recto como resultado de un secado disparejo o por tensiones de crecimiento. Este defecto puede evitarse con un adecuado posicionamiento de pesos sobre los castillos de secado (Tuset & Duran, 1979).



Figura 3.7 Pieza con defecto de torcedura.
Fuente Sepúlveda (2007).

3.9.2 Arqueadura

Es el alabeo o curvatura de las caras en la dirección longitudinal de la pieza. Se logra reconocer al posicionar la pieza sobre una superficie plana, se observa una luz o separación entre la cara de la pieza y la superficie plana. Son susceptibles a este defecto aquellas piezas de madera floreada, madera juvenil, contracción longitudinal, y grano desviado (Sepúlveda, 2007).



Figura 3.8 Pieza con defecto de arqueadura.
Fuente Sepúlveda (2007).

3.9.3 Encorvadura

La encorvadura o también llamada curvatura de cantos, es la curvatura que se genera a lo largo del canto de la pieza, se reconoce al colocar la pieza de canto sobre una superficie plana, se observa a contra luz o bien observando la separación entre el canto de la pieza de madera aserrada y la superficie de apoyo. La causa de esta deformación se presenta en madera cuarteada, en madera juvenil y de reacción, excesiva contracción longitudinal y diferente contracción entre espesores cercanos a la médula y la corteza (Sepúlveda, 2007).

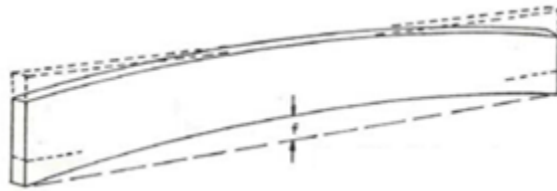


Figura 3.9 Pieza con defecto de encorvadura.
Fuente Sepúlveda (2007).

3.9.4 Acanaladura

Se denomina acanaladura a cuando los bordes longitudinales o las aristas no se encuentran en el mismo nivel que la zona central, se reconoce cuando al colocar la pieza de madera sobre una superficie plana la pieza de madera queda en contacto con la superficie en la parte central de la madera quedando los bordes de ésta levantados, presentando un aspecto cóncavo. Generalmente se produce en la madera floreada, en el reaserrado de la madera endurecida superficialmente, y cuando hay piezas de distintos espesores en una misma hilera de encastillado o cámara de secado (Sepúlveda, 2007).

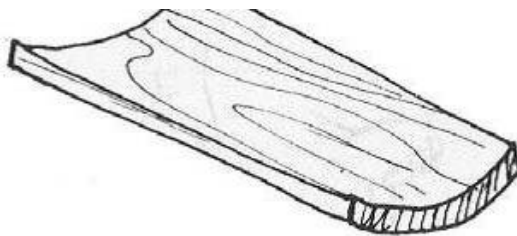


Figura 3.10 Pieza con defecto de acanaladura.
Fuente Sepúlveda (2007).

3.10 Grietas superficiales e internas.

Se les denomina grietas a las separaciones de los elementos constitutivos de la madera, las grietas superficiales son fisuras que pueden observarse en la superficie de la madera y las grietas

internas, como su nombre lo dice, son fisuras en el interior de las piezas de madera, por lo general a lo largo de los radios leñosos que muchas veces no son perceptibles en la superficie, ambos tipos de grietas tienen correlación con los esfuerzos de secado, estos esfuerzos del secado son tensiones que se establecen en la madera, debido a la diferencia de contracciones que se producen entre las zonas externas e internas; entre madera normal y de reacción y entre los diferentes planos de una pieza, por lo general, todas estas tensiones son producto de un proceso de secado demasiado rápido (Sepúlveda, 2007).

También existe una interrelación entre la formación de grietas internas en la madera y el colapso; ya que ambas ocurren como resultado de la tensión del líquido desarrollada por el movimiento del agua al salir de los lúmenes de las células (Miller & Simpson, 1992; Booker, 1994).

Las grietas internas o grietas capilares se forman dentro del anillo de crecimiento (Booker and Haslett, 2001), presentan la forma de lentejas y se encuentran varias juntas en una sección.



Figura 3.11 Piezas de *Eucalyptus nintens* con presencia de grietas internas.
Fuente Elaboración propia.

4. MATERIALES Y MÉTODO.

Un total de 961 piezas aserradas de *Eucalyptus nitens* fueron analizadas en este estudio. En el diagrama de flujo se aprecia un resumen del tratamiento aplicado a la madera de *Eucalyptus nitens*, desde el momento en que se realizó el volteo de los árboles hasta el momento de tomar las mediciones de cada una de las piezas. En este capítulo se efectuará una descripción de las mediciones realizadas, de los materiales implementados y los equipos que fueron necesarios para llevar a cabo estas mediciones.

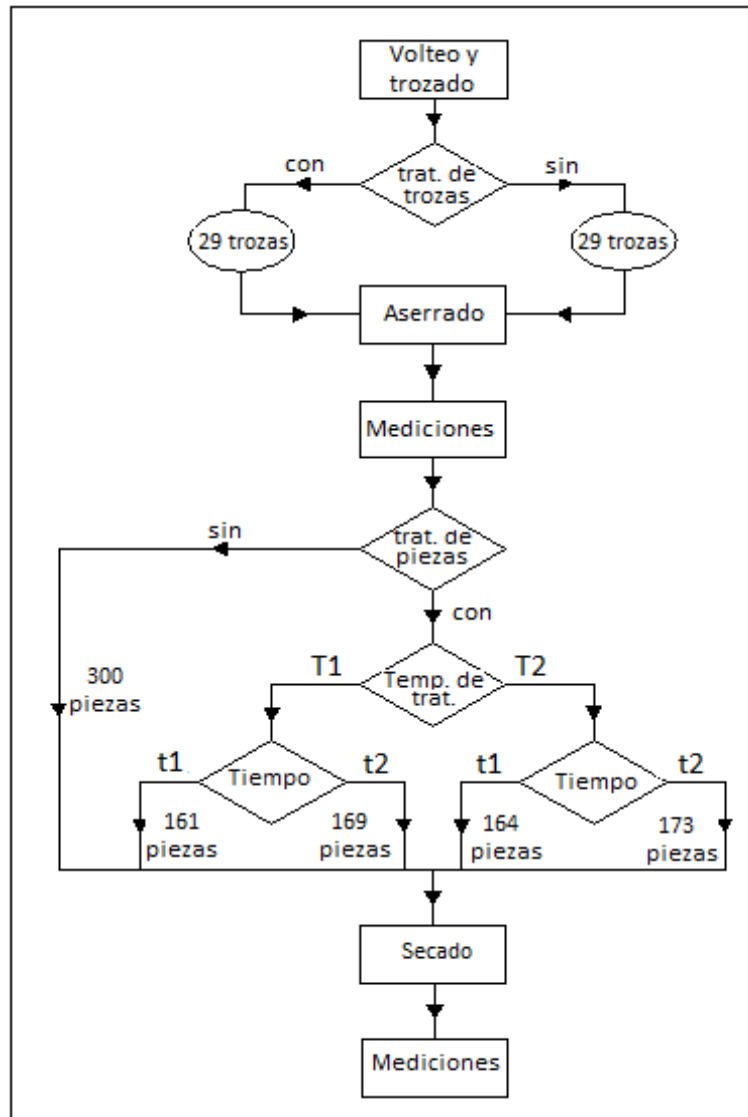


Figura 4.1 diagrama de flujo del tratamiento aplicado a la madera.

Fuente Elaboración propia.

4.1 Madera

La materia prima utilizada en la investigación fue extraída de una plantación forestal de *Eucalyptus nitens* con edades A y B, pertenecientes a la empresa Forestal Natalhue, ubicada en la región de los Ríos. Se seleccionaron 12 árboles, prevaleciendo árboles de baja conicidad y baja ramificación. De cada árbol de edad B se obtuvieron 3 trozas de 4 [m] a partir del tacón a 0,3 [m] hasta una altura de 12.3 [m], mientras que para los árboles de edad A se obtuvieron 2 trozas de 4 [m] a partir de los 0,3 [m].

4.2 Tratamientos

Con la finalidad de mejorar la calidad de la madera aserrada de *Eucalyptus nitens*, se sometieron tanto las trozas como la madera aserrada a un tratamiento de térmico.



Figura 4.2 Tina de macerado.

Fuente Elaboración propia.

La mitad de las trozas obtenidas de los árboles fueron sometidas al tratamiento y la otra mitad fue dejada como testigo, para efectos de comparación en la investigación. Las trozas fueron calentadas hasta alcanzar la temperatura deseada, en el punto objetivo (a 7 [cm] del centro de la troza).

Para controlar la temperatura en las trozas, éstas se perforaron con taladro eléctrico para luego introducir termocuplas tipo “T” a 7[cm] del centro de la troza (figura 4.3) y luego fueron selladas con silicona. Las temperaturas registradas por las termocuplas fueron almacenadas en un sistema de adquisición de datos (Dataloger).

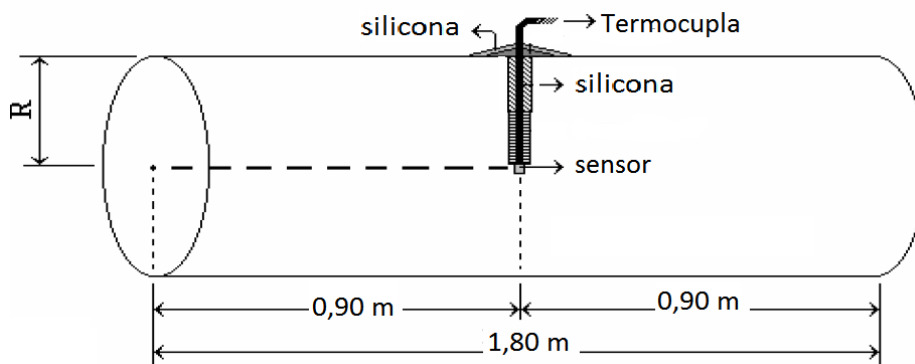


Figura 4.3 Posición de la termocupla en las trozas de *eucalyptus nitens*.

Fuente Elaboración propia.

Dos tercios de las piezas aserradas fueron sometidas a un proceso de calentamiento bajo dos condiciones de temperatura y tiempo; el primero a una temperatura T1, donde la mitad de las piezas fueron sometidas a este tratamiento durante t1 horas y la otra mitad durante t2 horas, la otra condición de temperatura fue a T2, y al igual que para el primer tratamiento, la mitad de las piezas fueron sometidas al tratamiento por t1 horas y la otra mitad por t2 horas. El tercio restante de las piezas aserradas no fue sometido a tratamiento y fue utilizado como control.

En la tabla a continuación se puede observar el resumen de las condiciones de calentamiento en la tina de macerado.

Tabla 4.1: Resumen de los tratamientos y el tiempo de tratado aplicados a las trozas y las piezas de *Eucalyptus nitens*.

NUMERO DE ÁRBOLES Y DIVISIÓN DE ALTURAS	EDAD ÁRBOLES	CALENTAMIENTO DE TROZAS	CALENTAMIENTO DE PIEZAS		Nº DE PIEZAS	PIEZAS Rd	PIEZAS Tg	PIEZAS Mx
			TEMPERATURA AGUA	TIEMPO DE CALENTAMIENTO				
ÁRBOLES DEL 1 AL 7 Y LAS ALTURAS ESTAN DIVIDIDAS DE 1 AL 4	EDAD A	SIN CALENTAMIENTO DE TROZAS (14 TROZAS)	Piezas de Control		70	50	8	12
			T1°C	t1 horas	49	35	8	6
				t2 horas	47	31	7	9
			T2°C	t1 horas	39	25	7	7
				t2 horas	44	25	9	10
			CON CALENTAMIENTO DE TROZAS (14 TROZAS)	Piezas de Control		61	40	11
		T1°C		t1 horas	38	24	11	3
				t2 horas	36	13	14	9
		T2°C		t1 horas	26	11	4	11
			t2 horas	37	18	8	11	
ÁRBOLES DEL 8 AL 12 Y LAS ALTURAS ESTAN DIVIDIDAS DE 1 AL 6	EDAD B	SIN CALENTAMIENTO DE TROZAS (15 TROZAS)	Piezas de Control		95	61	14	20
			T1°C	t1 horas	39	25	6	8
				t2 horas	36	22	6	8
			T2°C	t1 horas	62	28	13	21
				t2 horas	59	31	10	18
			CON CALENTAMIENTO DE TROZAS (15 TROZAS)	Piezas de Control		74	41	20
		T1°C		t1 horas	39	21	12	6
				t2 horas	46	29	10	7
		T2°C		t1 horas	36	14	8	14
			t2 horas	35	14	9	2	

4.3 Aserrado de las trozas

El aserrío se realizó con sierra huincha carro perteneciente al PTM, Departamento de Ingeniería en Madera, privilegiando los cortes de tipo radial con espesores de 1 y 2” y anchos variables.

En la tabla 4.1 se presenta el resumen total y porcentaje de las piezas aserradas de *Eucalyptus nitens* según el tipo de corte de la madera.

Tabla 4.2: Resumen de piezas aserradas divididas según corte

% PIEZAS ANALIZADAS SEGÚN CORTE		
RADIAL	TANGENCIAL	MIXTO
426	172	363
44%	18%	38%

4.4 Secado de la madera.

El proceso de secado de la madera fue realizado en el PTM, DIMAD, mediante encastillado, formando 3 castillos de 1,5[m] de ancho, 2[m] de largo y 2,5[m] de altura. Separados por piezas sin tratamiento, piezas sometidas a temperatura T1 y piezas sometidas a temperatura T2. Se puso especial cuidado en la distribución de las piezas de los castillos marcando cada pieza en el borde visible del castillo, para comparar las mediciones luego del secado con las mediciones tomadas anteriormente y poder visualizar la distribución de humedad en el castillo.

4.5 Medición de las piezas según NCh 993.Eof.72.

Las mediciones dimensionales de cada pieza fueron medidas utilizando un pie de metro para medir espesor y ancho y un flexómetro para la medición del largo de cada pieza. Los espesores y anchos de la pieza fueron obtenidos de tres partes distintas a lo largo de cada pieza, luego se obtuvo un promedio de los tres valores y fueron utilizados como espesor y ancho de la pieza respectivamente.

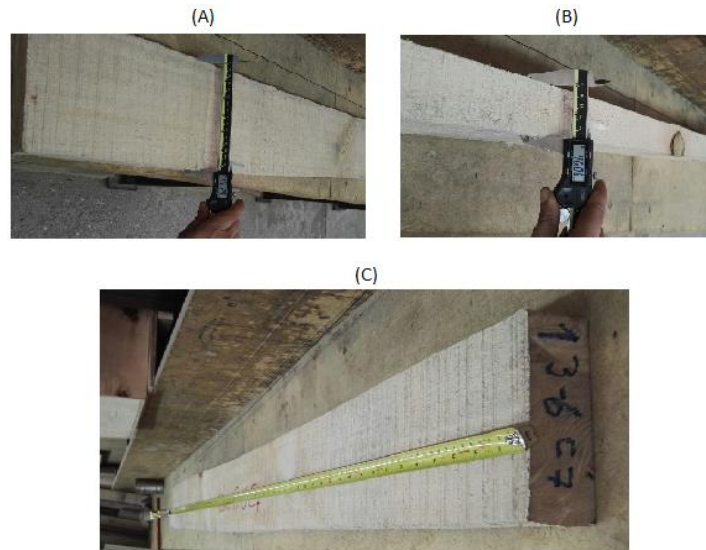


Figura 4.4 Medición del ancho (A), espesor (B) y largo (C) de las piezas.

Fuente Elaboración propia.

4.6 Medición de alabeos y defectos de las piezas.

Los alabeos presentes en las piezas de madera fueron cuantificados por medio de la medición de las flechas, midiendo las flechas de la arqueadura, torcedura, encorvadura y acanaladura. Para identificar la presencia de colapso en las piezas, se realizó una inspección visual y táctil de las piezas y luego fue medido en el lugar donde éste fuese máximo.

También se realizó una cuantificación de la sumatoria de grietas internas y superficiales a lo largo de las piezas.

Para la medición de alabeos y se siguieron los pasos descritos en la norma chilena oficial NCh 993 of 72 y los equipos utilizados para llevar a cabo las mediciones fueron, mesón de medición, un pie de metro digital, un computador, una lienza y una escuadra.

4.6.1 Torcedura.

Para realizar la medición de la torcedura se apoya la pieza en una superficie plana y se determina mediante la altura máxima formada entre la superficie de apoyo y la arista inferior de la pieza que no se encuentra apoyada, estando las demás aristas inferiores en contacto con la superficie plana. La medición fue realizada utilizando un pie de metro y la ayuda de un peso para colocar sobre la esquina opuesta respecto a la de medición. A continuación, se muestra una pieza con presencia de torcedura.



Figura 4.5 Medición de la torcedura.
Fuente Elaboración propia.

4.6.2 Arqueradura

Para determinar la medición de la arqueradura de una pieza, se busca la separación máxima existente entre la cara plana de mayor superficie de la pieza y la lienza tensada desde ambos extremos de la pieza. Para esta medición se emplea un pie de metro y una lienza tensada.



Figura 4.6 Pieza con defecto de arqueradura.
Fuente Elaboración propia.

4.6.3 Encorvadura

Para realizar la medición de la encorvadura se necesita posicionar la pieza de madera de canto y pasar una lienza tensada entre ambos extremos, luego se debe reconocer la distancia máxima presente entre la lienza tensa y la superficie del canto. Para esta medición se emplea un pie de metro y una lienza tensada.



Figura 4.7 Pieza con defecto de encorvadura.
Fuente Elaboración propia.

4.6.4 Acanaladura

Para la medición de la acanaladura, se apoyó la pieza con una de sus caras sobre la superficie del mesón de mediciones y se identificó la cara que presentaba la acanaladura, una vez identificado, se posicionó la escuadra de forma que tope las dos aristas longitudinales, luego utilizando el pie de metro se midió la deformación máxima de la cara con respecto a la línea recta generada por la escuadra.



Figura 4.8 Pieza con defecto de acanaladura.
Fuente Elaboración propia.

4.6.5 Grietas internas.

Para cuantificar la cantidad de grietas internas se llevó a cabo una inspección visual en ambas caras de los extremos de las piezas, clasificando en piezas con o sin grietas internas.



Figura 4.9 Piezas de *Eucalyptus nitens* con presencia de grietas internas.
Fuente Elaboración propia.

4.6.6 Grietas superficiales.

La cuantificación de las grietas superficiales fue a través de inspección visual clasificando en piezas con o sin grietas superficiales.

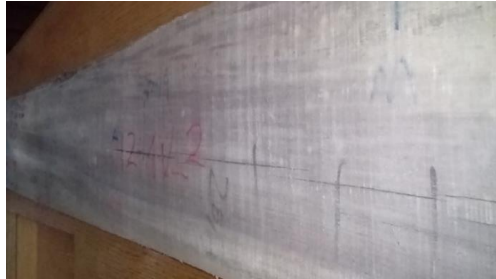


Figura 4.10 Pieza de *Eucalyptus nitens* con presencia de grietas superficiales.

Fuente Elaboración propia.

4.7 Contenido de humedad según NCh 176/1.

Para la determinación del contenido de humedad de las piezas fue necesario utilizar la sierra circular escuadradora, la estufa de secado, lápiz para marcar las probetas con el código correspondiente y una pesa con una precisión de 0,01 [g]

La medición del contenido de humedad de la madera se realiza sólo teniendo en cuenta los valores del agua libre y de saturación o higroscópica. Esto quiere decir que la madera se considera totalmente seca cuando al secarla en una estufa de secado a 103 ± 2 grados centígrados, ésta alcanza su peso constante. El contenido de humedad es definido como el peso de la cantidad de agua presente en la madera, expresado en función del peso de ésta pieza en condición seca al horno o anhidra. Su valor numérico se expresa como porcentaje y se calcula según la siguiente fórmula:

$$CH = \left(\frac{P_h - P_s}{P_s} \right) \cdot 100$$

Donde:

CH = Contenido de humedad de la madera expresado en porcentaje.

P_h = Peso de la madera húmeda o peso inicial.

P_s = Peso de la madera en estado anhidro, peso final o constante.

Éste método de secado en estufa es el método más exacto y el único científicamente satisfactorio para determinar el agua contenida en la madera. El éxito del método depende de la correcta selección de muestras para desecación, las cuales deben ser representativas del lote de madera en evaluación.

4.8 Gradiente de humedad.

Para la obtención experimental de los gradientes de humedad se extrajeron probetas de las piezas aserradas ejecutando cortes de 1 pulgada a 10 [cm] de los extremos de las piezas, para esto se utilizó una sierra circular escuadradora ubicada en el PTM. Luego la probeta, fue cortada en 5 partes utilizando la sierra huincha carpintera (como se muestra en la figura 4.11). Posteriormente se pesó cada una de las cinco probetas (con una pesa de 0,01 [g] de precisión) y se registraron sus pesos, luego de ser pesadas fueron puestas en el secador a 103°C hasta que alcanzaron su peso de equilibrio. Finalmente, las 5 partes fueron pesadas nuevamente para determinar el contenido de humedad de cada una.



Figura 4.11 Cortes realizados para la determinación del gradiente de humedad de las piezas.

Fuente Elaboración propia.

Una vez cuantificados los pesos de cada probeta, antes y después del secado en estufa, se obtuvieron los contenidos de humedad de cada una y luego se calculó el gradiente de humedad utilizando la siguiente fórmula:

$$G.H. = CH_3 - \left(\frac{CH_1 + CH_2 + CH_4 + CH_5}{4} \right)$$

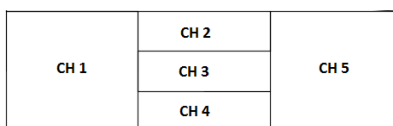


Figura 4.12 Procedimiento para determinar el gradiente de humedad.

Fuente Rozas, 2002.

4.9 Tensiones de secado.

Para el desarrollo de la evaluación de las tensiones de secado se utilizó la sierra circular escuadradora, la sierra huincha carpintera, un lápiz para marcar las probetas, un mesón para dejar las probetas durante 48 horas y un pie de metro para realizar las mediciones.

A partir de cada una de las piezas seleccionadas para este ensayo, se procedió a elaborar las probetas tenedor. Para esta medición se hicieron probetas de 2 dientes. Estas probetas fueron cortadas de los extremos de las piezas obteniendo probetas de 1 y 2 pulgadas de espesor dependiendo de la pieza.

Las dimensiones de las probetas tenedor de tensión, están dadas básicamente en función del ancho y el largo de cada una de las piezas de madera como se muestra en la imagen siguiente.

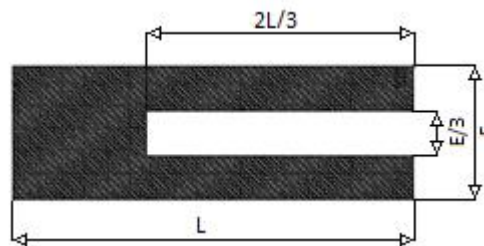


Figura 4.13 Dimensiones de probeta tenedor para medición de tensiones de secado.

Fuente Rozas, 2002.

Luego de fabricadas las probetas inmediatamente se registraron las dimensiones del largo y el espesor (espesor inicial E_i) de éstas. Después de 48 horas se volvió a medir el espesor de las probetas (espesor final E_f), y con esto se determinó la tensión de secado de cada pieza, la cual es una relación entre el ancho de la pieza y la apertura de las flechas, y se expresa en [mm], a partir de la siguiente fórmula.

$$T_s = \left(\frac{100}{L}\right)^2 \cdot (E_i - E_f)$$

Donde: T_s = Tensión de secado (mm)

L = Largo de la probeta (mm)

E_i y E_f = Espesor inicial y espesor final (mm)

En la imagen a continuación se muestran las mediciones iniciales realizadas y a la derecha una probeta donde las pinzas externas del tenedor se curvan hacia adentro lo que indica que la madera tiene esfuerzos de compresión en la superficie de la pieza y de tracción en el interior.

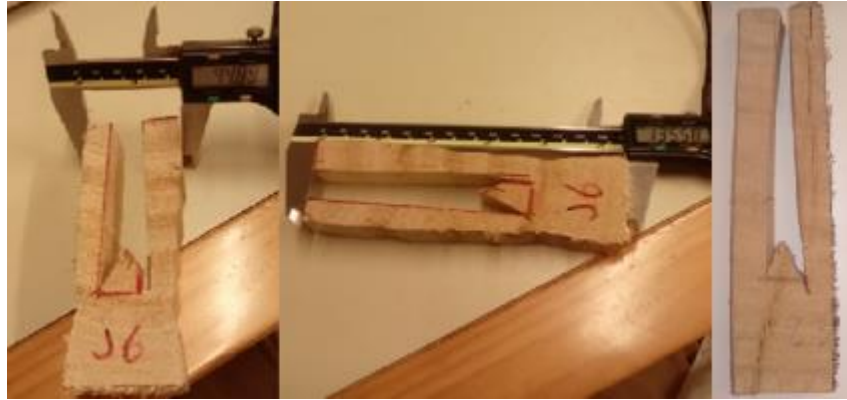


Figura 4.14 Mediciones de una probeta tenedor y probeta tensionada (a la derecha).

Fuente Elaboración propia.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1 Alabeos.

Los gráficos a continuación, se presentarán mostrando en el eje de las abscisas los diferentes tratamientos de la madera aserrada (T1 t1, T1 t2, T2 t1, T2 t2 y Control), las barras de color azul indican que la madera aserrada fue obtenida de trozas sometidas a macerado y las barras de color rojo indican que la madera aserrada se obtuvo de trozas de control (sin macerado). En el eje de las ordenadas se muestra el promedio de los alabeos en [mm]. Además, en la parte inferior del gráfico se muestra el espesor de la madera aserrada en cuestión. (T1 y T2 representan las temperaturas de tratamiento térmico y, t1 y t2 representan los tiempos a los que fueron sometidos a tratamiento).

5.1.1 Promedios de Colapsos.

En las Figuras 5.1 a 5.4, se muestran los valores promedios de colapso separados según edad A y 1” de espesor, edad A y 2” de espesor, edad B y 1” de espesor, edad B y 2” de espesor respectivamente.

En la figura 5.1 se muestra que para los árboles de edad A y espesor de 1”. El menor promedio de colapso, se registró en la madera aserrada de corte tangencial de control que fue sometida a tratamiento de trozas, con un valor aproximado de 1[mm]. Se puede observar que el tratamiento de trozas disminuyó los colapsos generados en el proceso de secado, de igual forma se puede ver que las piezas de corte radial son más propensas a este tipo de defecto. El máximo valor promedio de colapso en la madera aserrada de corte radial se obtuvo en la madera de control cuando no se realizó tratamiento de trozas, con un valor de 3,3[mm] aproximadamente. El valor promedio mínimo de colapso en madera aserrada de corte radial se registró cuando la madera fue sometida al tratamiento T1 t2 y las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 1,2[mm]. El tratamiento de trozas redujo en un 50% los colapsos en madera aserrada de corte tangencial sometidas a T1 t2 y en un 36% en madera aserrada radial bajo el mismo tratamiento de piezas, para el caso de piezas sometidas a T2 t1 el tratamiento de trozas redujo en un 39% el colapso en piezas radiales.

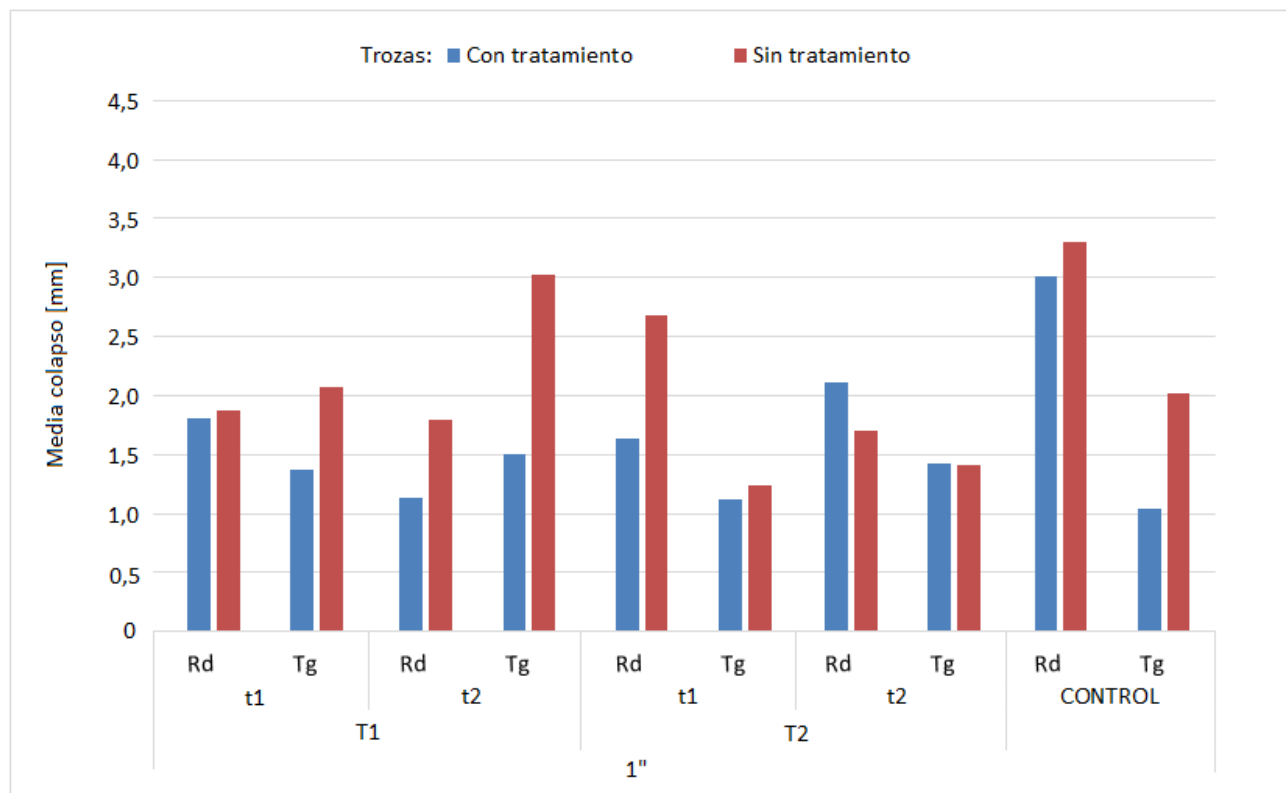


Figura 5.1: Promedio de colapsos para árboles de edad A y 1" de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para el caso de árboles de edad A y piezas de 2" de espesor, se observa que el tratamiento trozas generó un efecto positivo sobre la disminución del colapso, disminuyendo esto en la mayoría de los casos, y que los cortes radiales y mixtos presentaron menores colapsos que las piezas de corte tangencial en la mayoría de los casos. El menor valor promedio de colapso fue registrado en la madera aserrada de corte tangencial, cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento y la madera aserrada fue sometida al tratamiento T1 t1. Las trozas con tratamiento generaron una disminución del 34% del colapso en la madera aserrada de corte radial sometidas a T1 t2 y una disminución del 38% en las piezas de corte mixto bajo el mismo tratamiento. (Ver Figura 5.2)

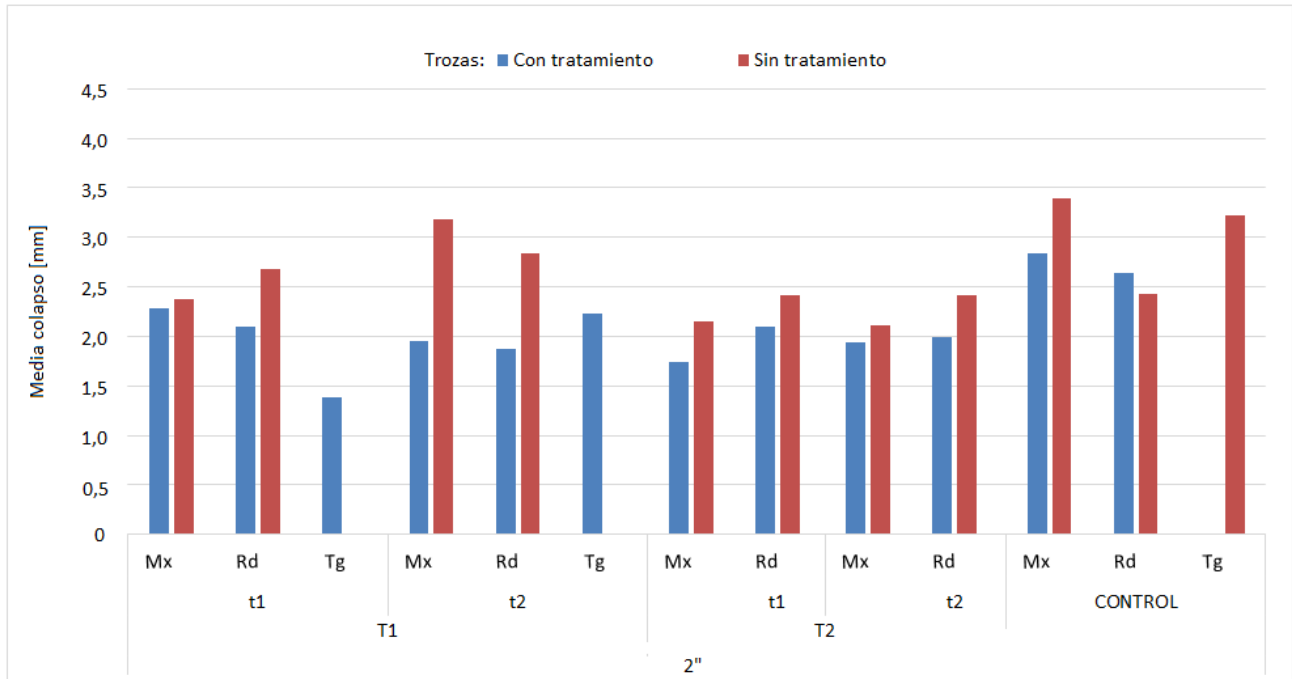


Figura 5.2: Promedio de colapsos para árboles de edad A y 2" de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B y piezas de 1" de espesor se puede observar que las piezas de corte tangencial presentan menores valores promedios de colapso que las piezas de corte radial, siendo éste mínimo en la madera aserrada de control de corte tangencial, cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 0,2[mm]. El valor promedio máximo de colapso fue registrado en las piezas de control de corte radial, cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, alcanzando un valor aproximado de 3,3[mm]. El menor promedio de colapso para piezas de corte radial se obtuvo en las piezas que fueron sometidas al tratamiento T1 t2 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 1[mm]. El tratamiento de trozas redujo en un 74% el colapso para piezas tangenciales sometidas al tratamiento T1 t2 y en un 57% en las piezas radiales a sometidas al mismo tratamiento. (Ver Figura 5.3)

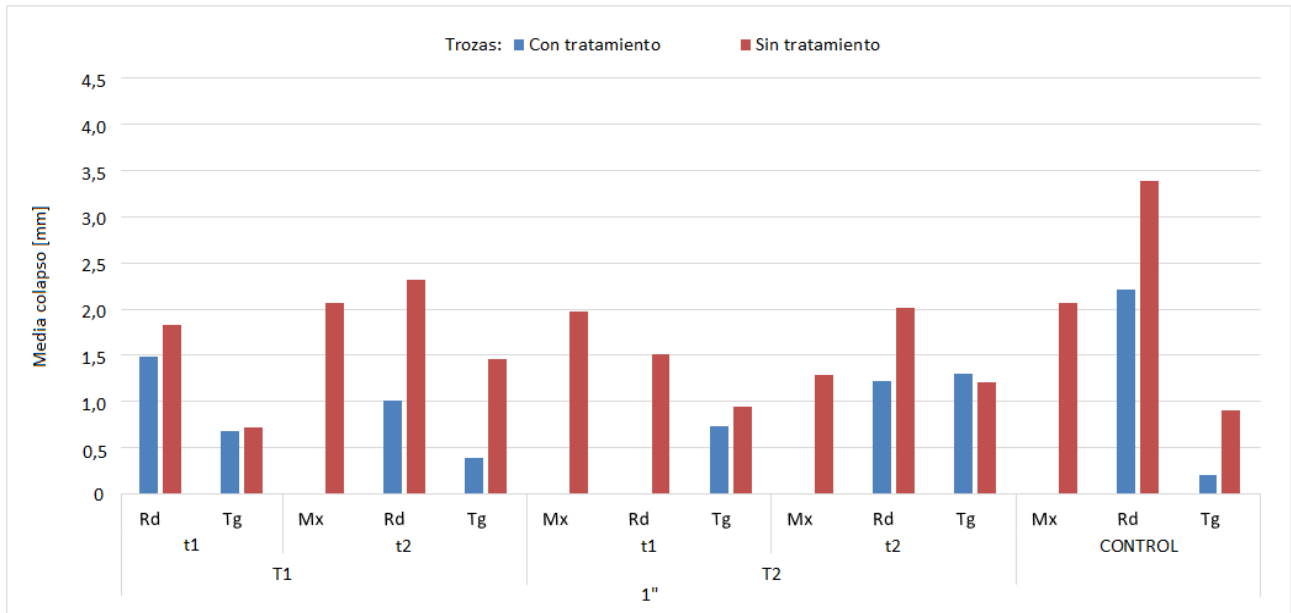


Figura 5.3: Promedio de colapsos para árboles de edad B y 1” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B y piezas de 2” de espesor, se observa que el menor promedio de colapso fue registrado en la madera aserrada de corte tangencial sometida a T2 t2, cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor promedio de 0,8[mm] aproximadamente. El máximo valor promedio de colapso se registró en la madera aserrada de corte radial sometida al tratamiento T1 t2 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 4,5[mm]. El tratamiento de trozas redujo en un 63% el colapso en piezas radiales sometidas a T1 t2 y en un 52% en piezas mixtas sometidas a T1 t2. (Ver Figura 5.4)

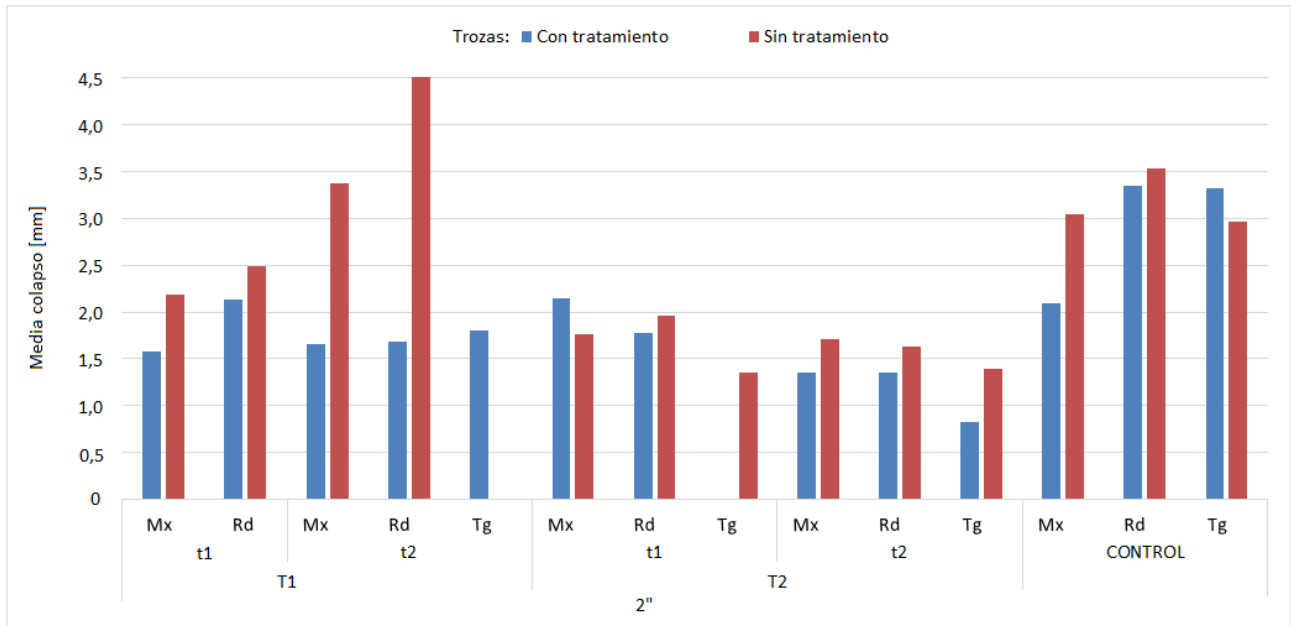


Figura 5.4: Promedio de colapsos para árboles de edad B y 2” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

En los cuatro casos se pudo observar que el colapso se vio mejorado al someter las trozas a tratamiento, disminuyendo considerablemente los valores promedios de colapso, marcando una tendencia a ser disminuido mayormente en la madera aserrada bajo el tratamiento T1 t2.

Se puede apreciar en este estudio que las piezas radiales presentan mayores niveles de colapso que las piezas de corte tangencial luego del secado, lo que puede ser comparado por los resultados obtenidos por Rozas (2002) en un Estudio preliminar de la contracción y el colapso en *Eucalyptus Nitens*, donde los resultados evidencian que la contracción y el colapso aumentaron con la posición radial. Además, ambos estudios concuerdan con los resultados obtenidos por Tuset & Durán (1979) donde señalan que la manifestación de ésta contracción aparece con mayor intensidad en las caras de corte radial que en las caras de corte tangencial. En un estudio realizado cuyo título es Resultados tecnológicos para el proyecto fondef, Diversificación y aprovechamiento de las plantaciones de *Eucalyptus Globulus* y *Eucalyptus Nitens* para su utilización en la industria del mueble, realizado por Rozas (2002) concluye que el problema del colapso es recuperable a partir de un eficiente vaporizado y recomienda realizar el reacondicionado a un contenido de humedad del 17%, a una temperatura de 100°C y una humedad relativa del 100%.

5.1.2 Promedios de arqueadura y clasificación según norma NCh 993

En las Figuras 5.5 a 5.8, se muestran los valores promedios de arqueadura separados según edad A y piezas de 1” de espesor, edad A y piezas de 2” de espesor, edad B y piezas de 1” de espesor, edad B y piezas de 2” de espesor respectivamente.

Para los árboles de edad A y piezas de 1” de espesor, se observa que las piezas de corte tangencial presentan mayores niveles de arqueadura que las piezas de corte radial. El valor promedio máximo de arqueadura se presentó en la madera aserrada de corte tangencial sometida al tratamiento T2 t1 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento con un valor aproximado de 6,5[mm]. Las piezas radiales presentaron un valor de arqueadura promedio máximo de 6[mm] aproximadamente, cuando las piezas aserradas fueron sometidas al tratamiento T2 t1 y las trozas no fueron sometidas a tratamiento. El valor promedio mínimo de arqueadura para la madera aserrada de corte radial se registró en la madera aserrada de control cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor promedio de 3,5[mm] aproximadamente. El tratamiento de trozas redujo en un 53% la arqueadura en la madera aserrada de corte tangencial sometida al tratamiento T2 t1 y en un 22% en las piezas radiales bajo el mismo tratamiento. (Ver Figura 5.5)

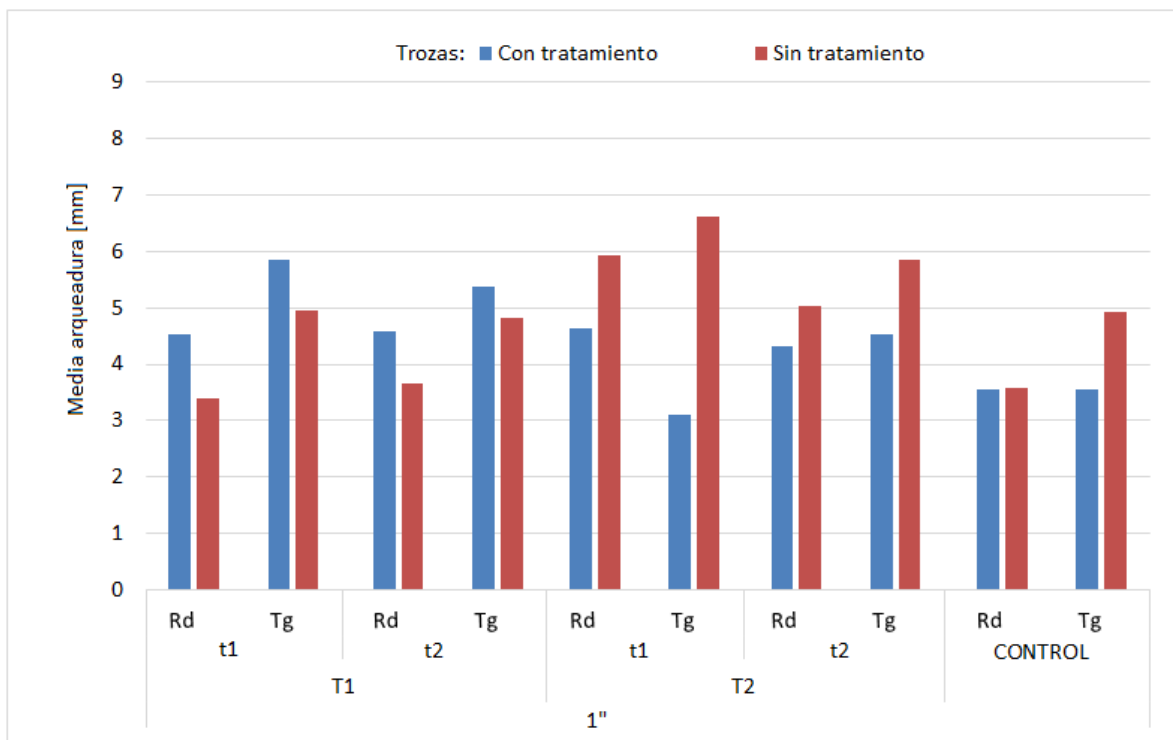


Figura 5.5: Promedios de arqueadura para árboles de edad A y 1” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad A y las piezas de 2" de espesor, se observa que las piezas de corte tangencial y mixto presentan mayores niveles de arqueadura que las piezas de corte radial, siendo el valor promedio de arqueadura máximo en la madera aserrada de corte tangencial, con un valor aproximado de 8[mm], evidenciado cuando la madera aserrada fue sometida al tratamiento T1 t2 y las trozas fueron sometidas a tratamiento. Las piezas radiales presentaron un máximo de 5,6[mm], y fue registrado cuando la madera aserrada fue sometida al tratamiento T2 t1 y las trozas no fueron sometidas a tratamiento. Y un valor promedio mínimo de arqueadura en las trozas sin tratamiento y piezas de control, con un valor promedio aproximado de 3,0[mm]. Las trozas que fueron sometidas a tratamiento aumentaron la arqueadura en un 43% en piezas mixtas sometidas a T1 t1 y disminuyeron la arqueadura en un 30% en piezas mixtas a T1 t2. (Ver Figura 5.6)

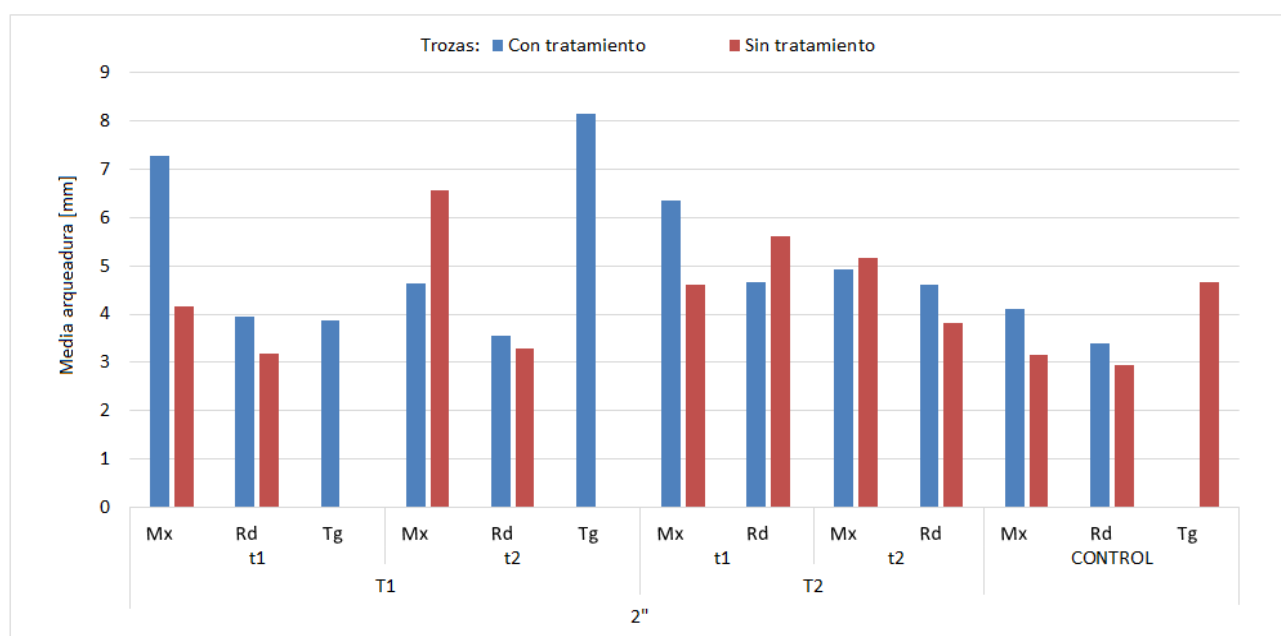


Figura 5.6: Promedios de arqueadura para árboles de edad A y 2" de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B y piezas de 1" de espesor, se observa que las piezas de corte tangencial y radial presentan similares niveles de arqueadura, sin embargo, para las trozas sin tratamiento y piezas sometidas al tratamiento T2 t2, sobresale la alta arqueadura del corte tangencial de 8[mm] aproximadamente de promedio. Las piezas radiales evidenciaron un valor promedio máximo de arqueadura en las trozas sin tratamiento y piezas sometidas a T2 t2, con un valor promedio de 5,8[mm] aproximadamente. El valor promedio mínimo en la madera aserrada de corte radial se obtuvo en la madera aserrada de control cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un

valor aproximado de 2,5[mm]. Las trozas sometidas a tratamiento disminuyeron la arqueadura de la madera aserrada en un 52% en las piezas tangenciales a sometidas al tratamiento T1 t2 y a T2 t2, y en un 46% las piezas radiales sometidas al tratamiento T1 t2. (Ver Figura 5.7)

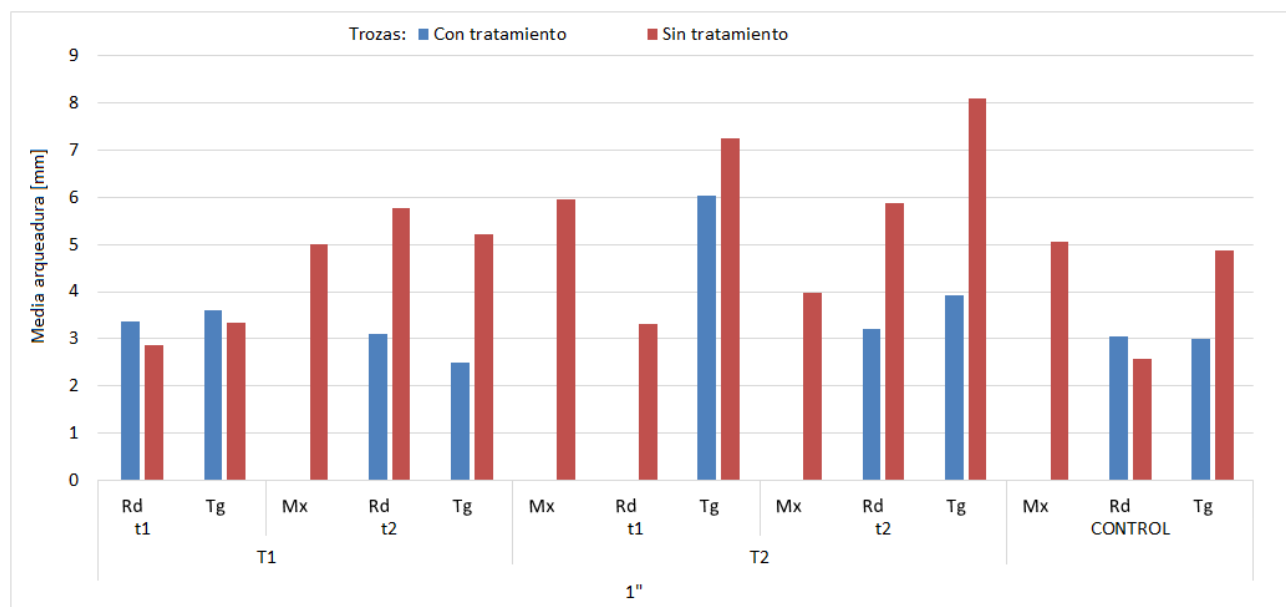


Figura 5.7: Promedios de arqueadura para árboles de edad B y 1” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B y las piezas de 2” de espesor, se observa que las piezas de corte tangencial y mixto presentan mayores niveles de arqueadura que las piezas de corte radial. El valor promedio más alto se registró en la madera aserrada de corte tangencial sometida al tratamiento T1 t2 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 6,5[mm] aproximadamente. Las piezas radiales presentaron un valor promedio máximo de 5,5[mm] aproximadamente, cuando la madera aserrada fue sometida al tratamiento T2 t2 y las trozas no fueron sometidas a tratamiento. El valor promedio mínimo de arqueadura se registró en la madera aserrada de control de corte radial cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento con un valor promedio aproximado de 2,5[mm]. Las trozas con tratamiento disminuyeron la arqueadura de la madera aserrada en un 27% en las piezas radiales sometidas al tratamiento T1 t2 y a T2 t2 y en un 14% a las piezas tangenciales sometidas a T2 t2. (Ver Figura 5.8)

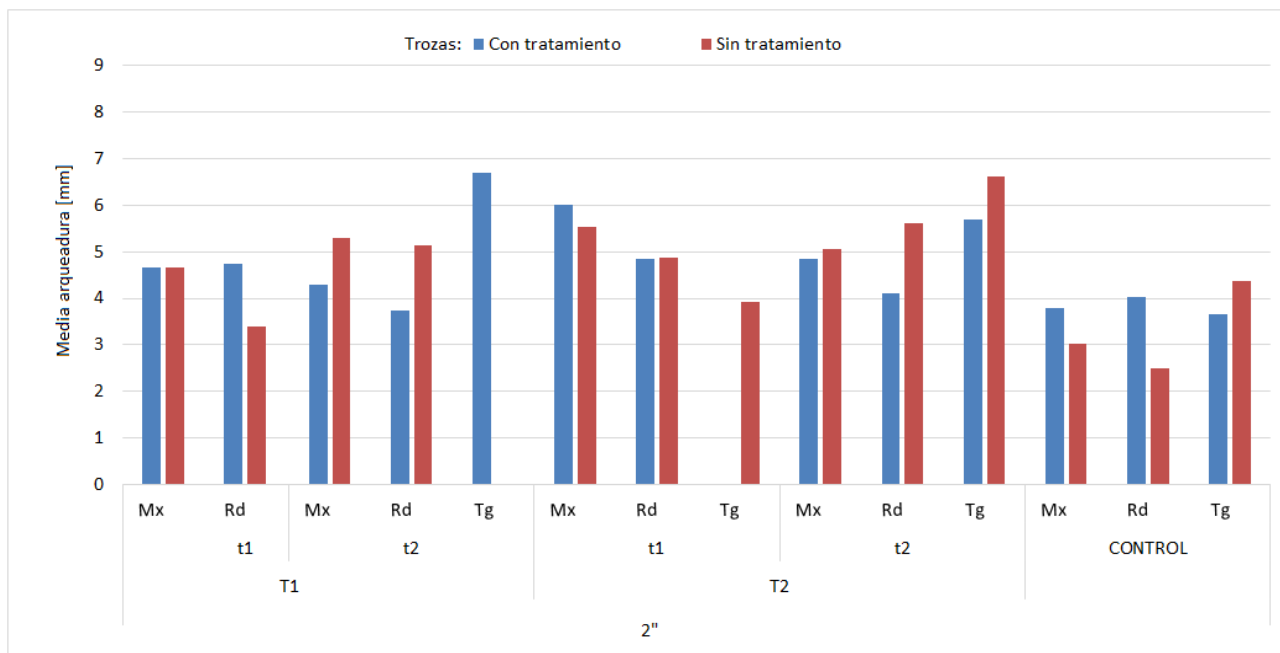


Figura 5.8: Promedios de arqueadura para árboles de edad B y 2" de espesor.

Fuente Elaboración propia.

En la tabla 5.1 se analizaron las piezas de *Eucalyptus nitens*, según niveles de calidad admisibles de arqueadura, clasificadas según el espesor de las piezas. En el final de la tabla se muestra el porcentaje total de piezas separados por niveles A, B, C y D (sin defecto, defecto leve, defecto moderado y defecto intenso respectivamente). Se observa que el 86% de las piezas se encuentra en nivel de arqueadura B, y el 14% de piezas restantes entre el nivel C y D. Además, de un total de 961 piezas analizadas, 950 piezas se encuentran dentro de los niveles admisibles de arqueadura.

Tabla 5.1: Analisis de arqueadura según norma NCh993-1972

N° DE PIEZAS Y NIVELES DE ARQUEADURA NCh 993				
	N° piezas 1" de espesor NIVEL DE ARQUEADURA			
	A	B	C	D
Número de piezas 1"	0	323	7	0
	N° piezas 2" de espesor NIVEL DE ARQUEADURA			
	A	B	C	D
Número de piezas 2"	0	491	121	8
	A	B	C	D
SUMA	0	814	128	8
TOTAL %	0%	86%	13%	1%
TOTAL	950			

Las piezas de corte tangencial se ven más propensas al defecto de arqueadura que las piezas de corte radial y mixta, lo que concuerda con los resultados de Gutiérrez & Carmona (1996), en un estudio sobre las tensiones de crecimiento de madera juvenil de *Eucalyptus globulus* crecido en Chile.

Otro estudio que avala los resultados, es el de Gutiérrez (1996) dicho estudio de secado de tablas radiales y tangenciales de *Eucalyptus nitens*, sostiene que las tablas tangenciales presentan un notorio defecto de arqueadura. Nothway y Waugh (1994) informaron que la arqueadura en la madera tangencial no es problema, ya que desaparece durante el proceso de secado, lo que discrepa con este estudio debido a que la arqueadura en la madera tangencial no desapareció en el proceso de secado.

5.1.3 Promedios de torceduras y clasificación según norma NCh 993.

En las Figuras 5.9 a 5.12, se muestran los valores promedios de torcedura separados según edad A y piezas de 1" de espesor, edad A y piezas de 2" de espesor, edad B y piezas de 1" de espesor, edad B y piezas de 2" de espesor respectivamente.

Para los árboles de edad A y piezas de 1" de espesor, se observa que el mayor promedio de torcedura fue para la madera aserrada de corte tangencial sometida al tratamiento T2 t2 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 23[mm]. El mínimo valor promedio de torcedura para la madera aserrada de corte radial se registró cuando la madera fue sometida al tratamiento T2 t2 y las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 10[mm] aproximadamente. El valor promedio mínimo de torcedura se registró en la madera aserrada de corte tangencial sometida al tratamiento T1 t1 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento. También se ve que las trozas con tratamiento disminuyeron el efecto de la torcedura de la madera aserrada en la mayoría de los casos. El tratamiento de trozas disminuyó las torceduras en un 60% en piezas tangenciales sometidas al tratamiento T2 t2 y en un 44% para piezas radiales sometidas a T1 t2. (Ver Figura 5.9)

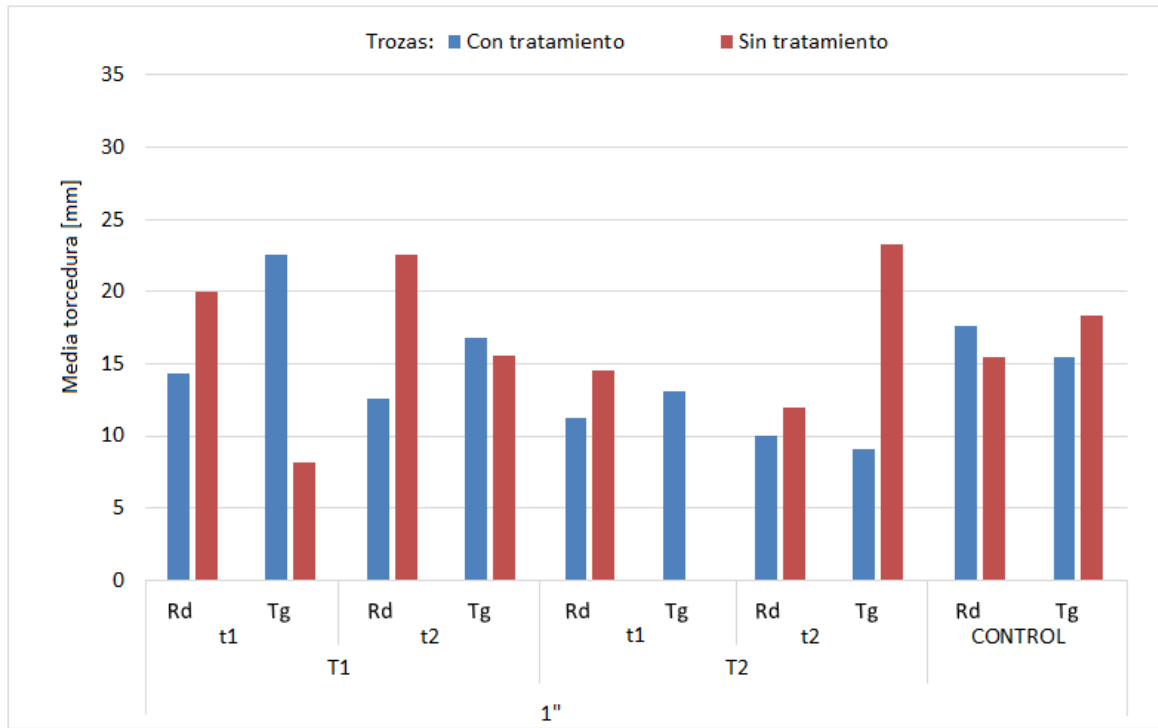


Figura 5.9: Promedios de torcedura para árboles de edad A y 1” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad A y piezas de 2” de espesor se observa que el mayor promedio de torceduras fue para la madera aserrada de corte tangencial sometida al tratamiento T1 t2 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 23[mm] aproximadamente. El valor promedio mínimo de torcedura se registró en la madera aserrada de corte radial sometida al tratamiento T2 t2 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 6[mm]. El máximo valor promedio de torcedura en madera aserrada de corte radial, se tuvo cuando la madera fue sometida al tratamiento T1 t1 y las trozas fueron sometidas a tratamiento. También se puede ver que el tratamiento de trozas se comporta de forma aleatoria con respecto a las torceduras. El tratamiento de trozas disminuyó en un 49% el defecto de torcedura para piezas mixtas sometidas al tratamiento T2 t2 y en un 44% la torcedura en piezas radiales bajo el mismo tratamiento. En el caso de piezas mixtas sometidas al tratamiento T1 t1 las torceduras aumentaron en un 33% cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento. (Ver Figura 5.10)

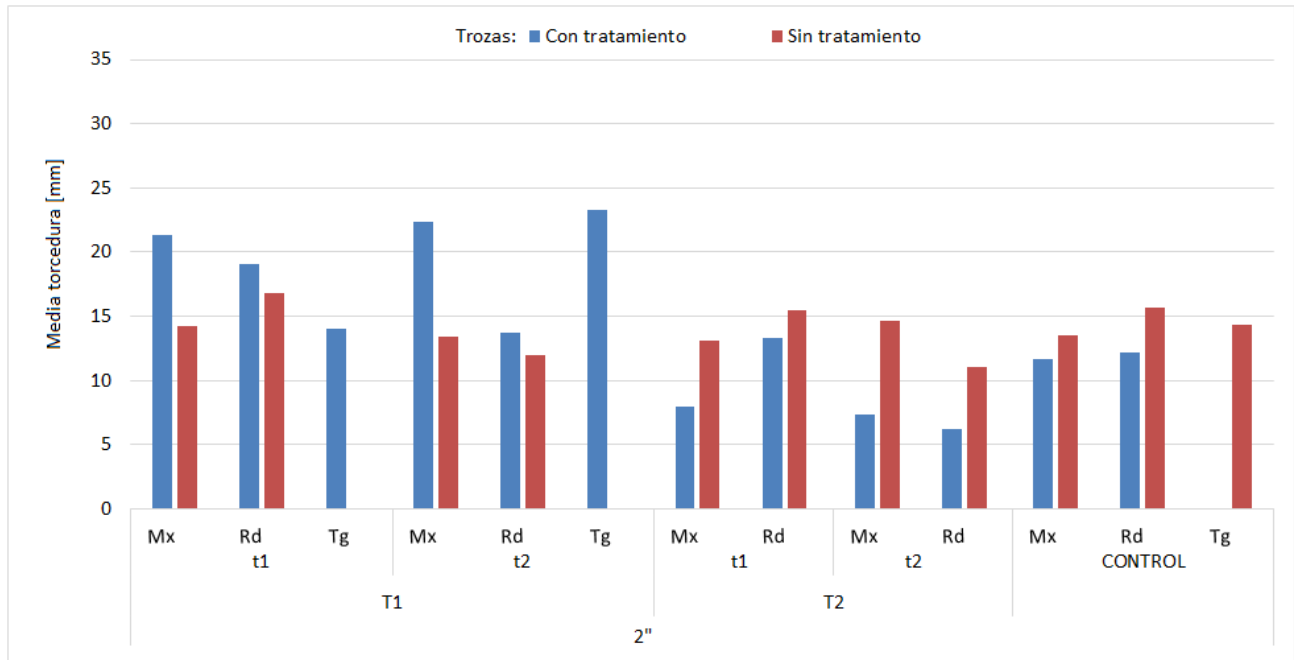


Figura 5.10: Promedios de torcedura para árboles de edad A y 2" de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B y piezas de 1" de espesor, se observa que el mayor promedio de torceduras se obtuvo en madera aserrada de corte tangencial sometida al tratamiento T1 t2 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 23[mm] aproximadamente. El valor promedio mínimo de torcedura se registró en la madera aserrada de corte tangencial sometida al tratamiento T2 t2 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 5[mm]. El máximo valor promedio de torcedura en madera aserrada de corte radial se tuvo cuando las piezas fueron sometidas al tratamiento T1 t2 y las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 18[mm] aproximadamente. Y el mínimo valor promedio de torceduras para piezas radiales se registró en la madera sometida al tratamiento T2 t2 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 5[mm] aproximadamente. Las trozas con tratamiento disminuyeron el defecto de torcedura en un 49% en la madera aserrada de corte radial sometida a T2 t2 y en un 42% en piezas tangenciales sometidas a T1 t2. Para el caso de piezas radiales a T1 t1 las trozas con tratamiento aumentaron en un 43% el defecto de torcedura. (Ver Figura 5.11)

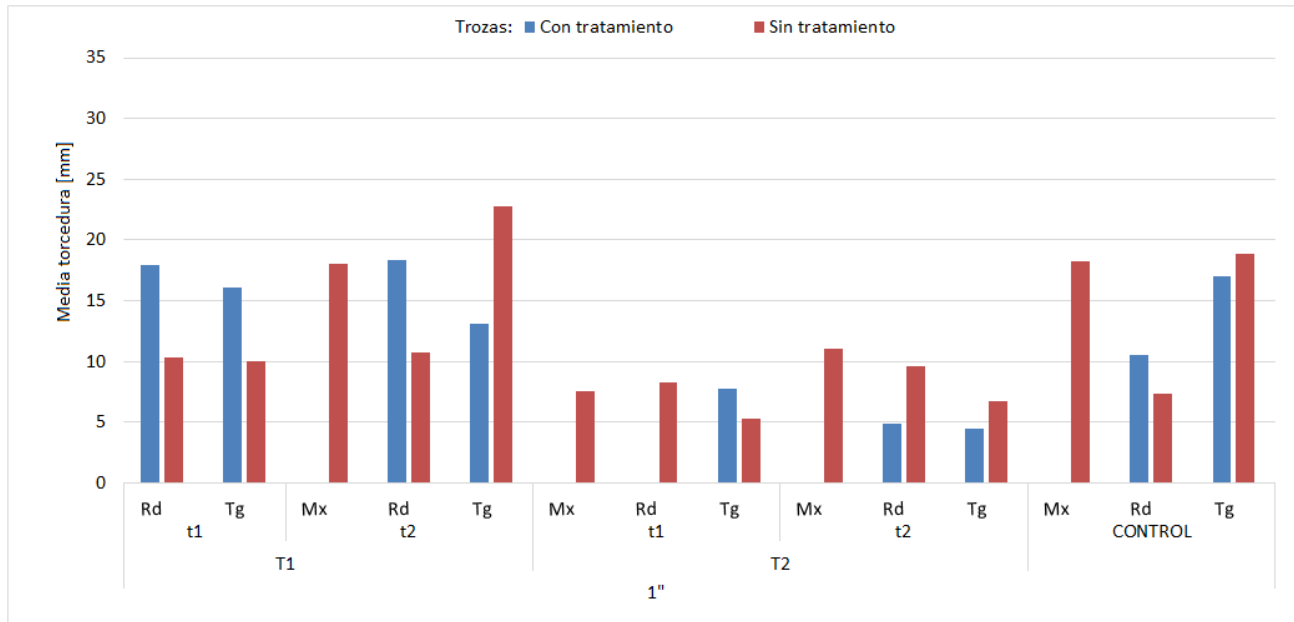


Figura 5.11: Promedios de torcedura para árboles de edad B y 1” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B y piezas de 2” de espesor se observa que el mayor promedio de torceduras fue registrado para la madera aserrada de corte tangenciales sometida al tratamiento T1 t2 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 33[mm] aproximadamente. El valor promedio mínimo de torcedura se registró en la madera aserrada de corte tangencial sometida al tratamiento T2 t2 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 4[mm]. El máximo valor promedio de torcedura para la madera aserrada de corte radial se tuvo cuando la madera fue sometida al tratamiento T1 t1 y las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 18[mm] aproximadamente. Para este caso en particular se logra apreciar que las trozas sin tratamiento presentaron un mejor comportamiento respecto a la torcedura de la madera aserrada para la mayoría de los tratamientos a excepción de piezas las sometidas a T2 t1 con corte radial, y piezas de control con corte mixto y tangencial. Las trozas con tratamiento aumentaron las torceduras en un 45% en piezas radiales sometidas al tratamiento T1 t1 y disminuyeron las torceduras en un 18% en piezas mixtas de control. (Ver Figura 5.12)

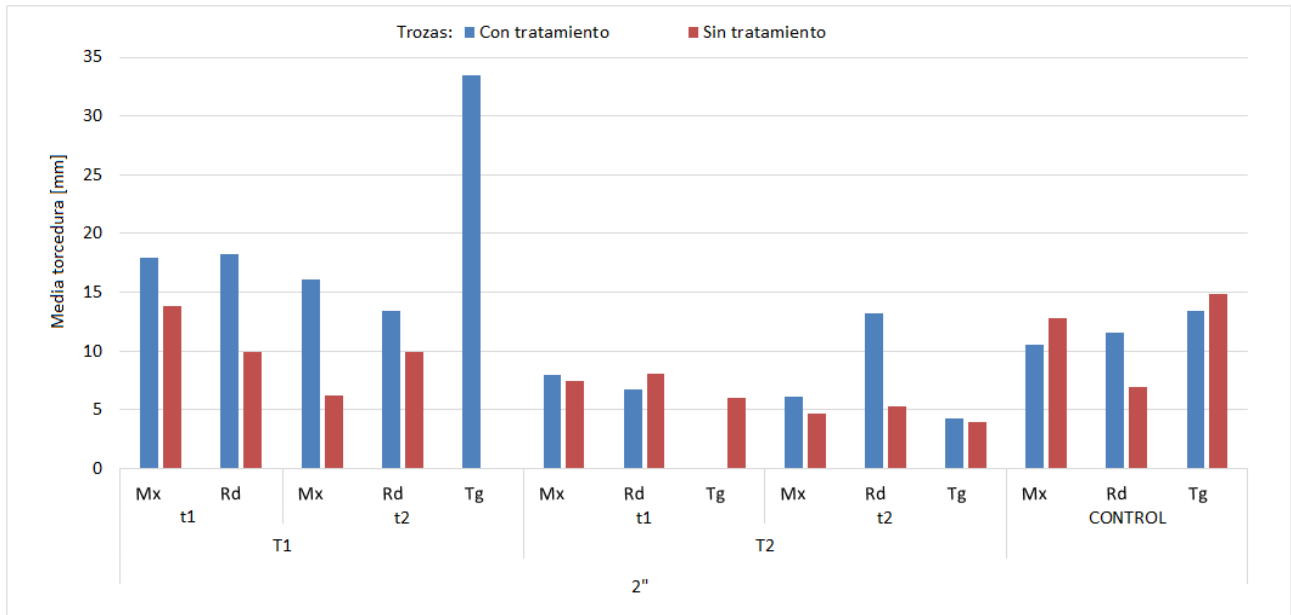


Figura 5.12: Promedios de torcedura para árboles de edad B y 2” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Se puede evidenciar que el tratamiento de trozas mejoro el defecto de torcedura en la mayoría de los casos en especial en los tratamientos de piezas sometidos a tiempo t2.

En la tabla 5.2 se puede ver las piezas de *Eucalyptus nitens*, según niveles de calidad admisibles de torcedura, clasificadas según el espesor de las piezas y considerando el ancho de éstas. En el final de la tabla se muestra el porcentaje total de piezas separados por niveles A, B, C y D (sin defecto, defecto leve, defecto moderado y defecto intenso respectivamente). Se observa que el 41% de las piezas se encuentra en nivel de torcedura A y B, y el 59% de piezas restantes entre el nivel C y D. Además, de las 961 piezas analizadas solo 699 piezas se encuentran dentro de los niveles de torcedura aceptables.

Tabla 5.2: Análisis de torcedura según norma NCh 993-1972

N° DE PIEZAS Y NIVELES DE TORCEDURA SEGÚN NCh 993				
	A	B	C	D
PIEZAS 1"	19	79	83	58
PIEZAS 2"	23	161	143	133
% PIEZAS 1"	8%	33%	35%	24%
% PIEZAS 2"	5%	35%	31%	29%
TOTAL	42	240	226	191
% TOTAL	7%	34%	32%	27%
PIEZAS TOTAL 1 "	239			
PIEZAS TOTAL 2"	460			
PIEZAS TOTALES	699			

La torcedura generó los mayores valores de defecto en las piezas de corte tangencial y en comparación con la arqueadura, acanaladura y encorvadura, es la que presenta los valores más elevados de alabeos. Estos resultados son avalados por el estudio realizado por Rozas (2002), en un estudio de resultados tecnológicos de la madera, proyecto fondef, donde se menciona que la torcedura es el defecto de mayor desarrollo en el proceso de secado la que, al igual que la arqueadura y encorvadura, es resultado de la contracción diferencial en las piezas en el sentido longitudinal. No obstante, la torcedura puede ser reducida durante el secado, cuando se colocan pesos sobre la carga.

5.1.4 Promedios de encorvadura y clasificación según norma NCh 993.

En las Figuras 5.13 a 5.16, se muestran los valores promedios de encorvadura separados según edad A y piezas de 1" de espesor, edad A y piezas de 2" de espesor, edad B y piezas de 1" de espesor, edad B y piezas de 2" de espesor respectivamente.

Para los arboles de edad A y piezas de 1" de espesor, se observa que las piezas de corte radial presentan mayores niveles de encorvadura que las piezas de corte tangencial. El mayor valor promedio de encorvadura se registró en madera aserrada de corte radial sometidas al tratamiento T2 t2 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 10[mm]. El mayor valor promedio de encorvadura para madera aserrada de corte tangencial se obtuvo cuando la madera fue sometida al tratamiento T2 t2 y las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 6[mm] aproximadamente. El mínimo valor promedio de encorvadura se registró en la madera aserrada de

corte tangencial sometida al tratamiento T2 t1 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 1,5[mm] aproximadamente. Además, se ve una disminución en la encorvadura en las trozas que fueron sometidas a tratamiento, la reducción máxima de la encorvadura fue del 62% en madera aserrada de corte radial sometida al tratamiento T1 t1. No obstante las trozas sometidas a tratamiento generaron un aumento del 23% de la encorvadura en piezas tangenciales a T1 t1. (Ver Figura 5.13)

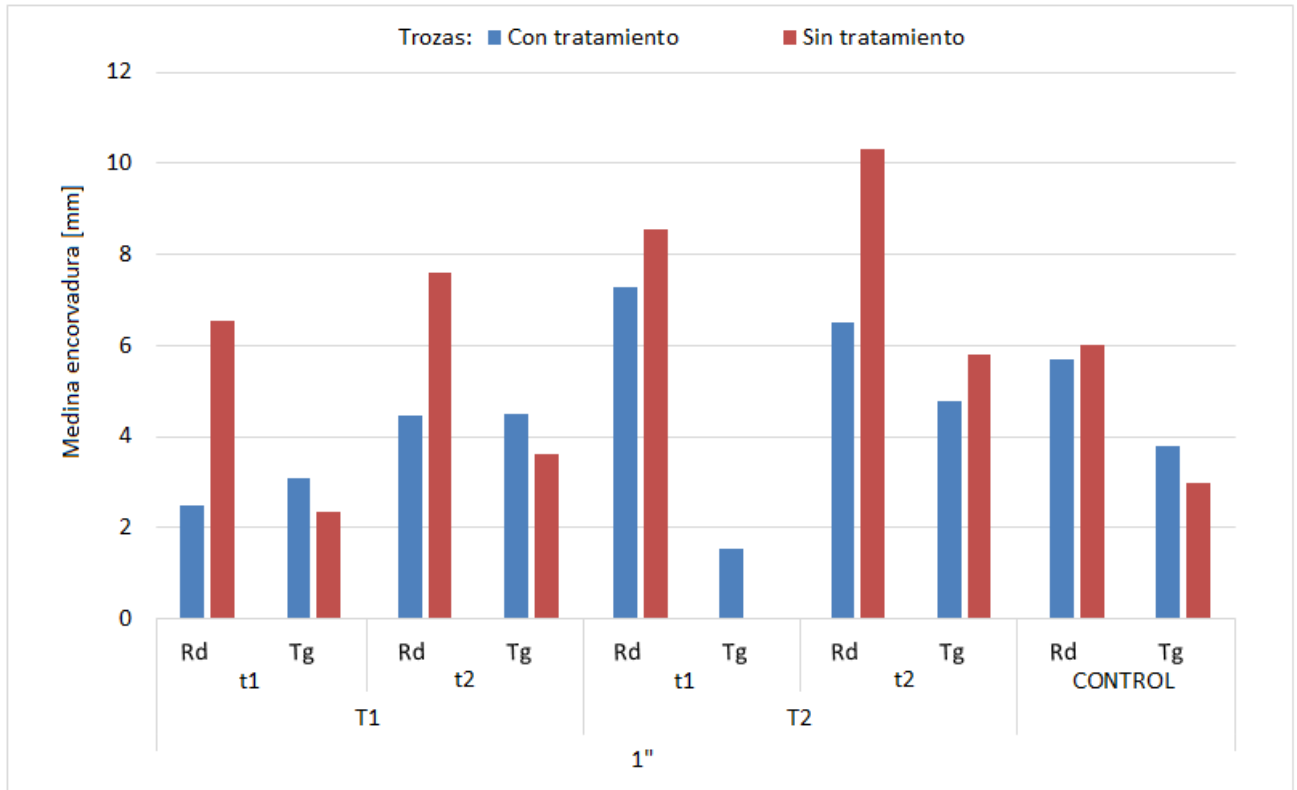


Figura 5.13: Promedios de encorvadura para árboles de edad A y 1” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad A y piezas de 2” de espesor, se observa que las piezas de corte radial presentan mayores niveles de encorvadura que las piezas de corte tangencial a excepción de del caso de la madera de control en trozas sin tratamiento. El mayor valor promedio de encorvadura se registró en madera aserrada de corte radial sometidas al tratamiento T2 t1 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 10[mm] aproximadamente. El mayor valor promedio de encorvadura en madera aserrada de corte tangencial se obtuvo en la madera de control cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 7[mm]. El valor promedio mínimo de encorvadura se registró en madera aserrada de corte tangencial sometida al tratamiento T1 t1 cuando

las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 3[mm] aproximadamente. Las trozas con tratamiento disminuyeron el defecto de encorvadura en un 22% en las piezas radiales sometidas a T2 t1. (Ver Figura 5.14)

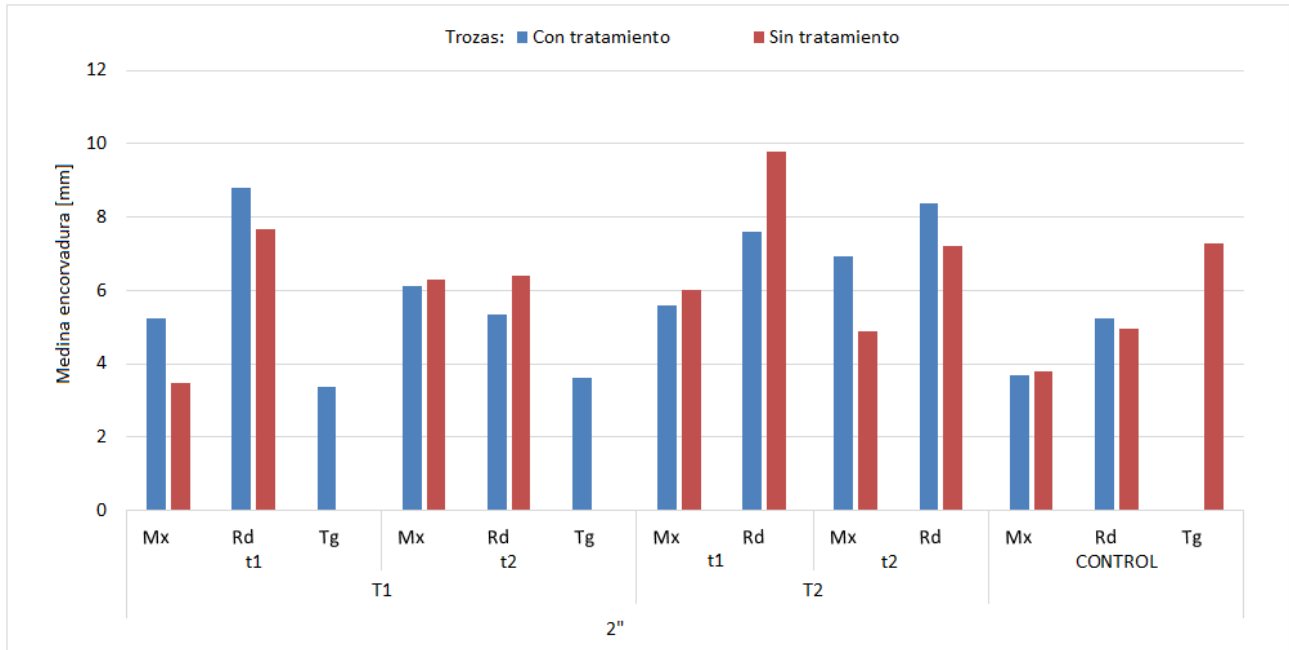


Figura 5.14: Promedios de encorvadura para árboles de edad A y 2” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B y piezas de 1” de espesor, se observa que las piezas de corte radial presentan mayores niveles de encorvadura que las piezas de corte tangencial. El mayor valor promedio de encorvadura se registró en madera aserrada de corte radial sometidas a T2 t1 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 9[mm] aproximadamente. El mayor valor promedio de encorvadura en madera aserrada de corte tangencial se obtuvo en la madera sometida al tratamiento T2 t1 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 5[mm]. El valor promedio mínimo se observó en madera aserrada de corte tangencial sometida al tratamiento T1 t1 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 2[mm] aproximadamente. Las trozas con tratamiento disminuyeron el defecto de encorvadura en un 51% en la madera aserrada de corte radial sometidas al tratamiento T2 t2 y en un 28% en madera aserrada radial bajo el tratamiento T2 t1. (Ver Figura 5.15)

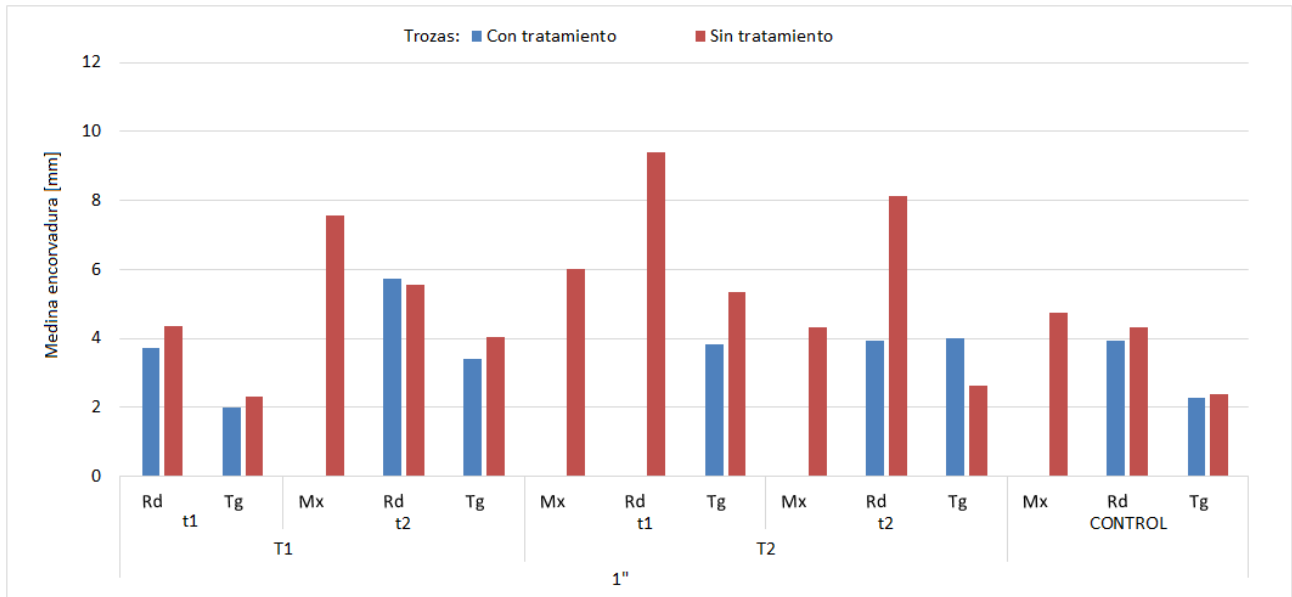


Figura 5.15: Promedios de encorvadura para árboles de edad B y 1” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B y piezas de 2” de espesor, se observa que las piezas de corte tangencial presentan menores niveles de encorvadura que las piezas de corte radial. El mayor promedio de encorvadura se registró en la madera aserrada de corte radial sometidas al tratamiento T2 t1 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 8,3[mm] aproximadamente. El mayor valor promedio de encorvadura para piezas tangenciales se registró cuando la madera aserrada fue sometida al tratamiento T2 t2 y las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor promedio de 7[mm] y el menor valor promedio de encorvadura para madera aserrada de corte tangencial se registró en la madera de control cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 3,5[mm] aproximadamente. Las trozas con tratamiento disminuyeron en un 35% el defecto de encorvadura en la madera aserrada de corte radial sometida a T2 t2, y aumentaron el defecto en un 42% en la madera aserrada de corte tangencial bajo el mismo tratamiento. (Ver Figura 5.16)

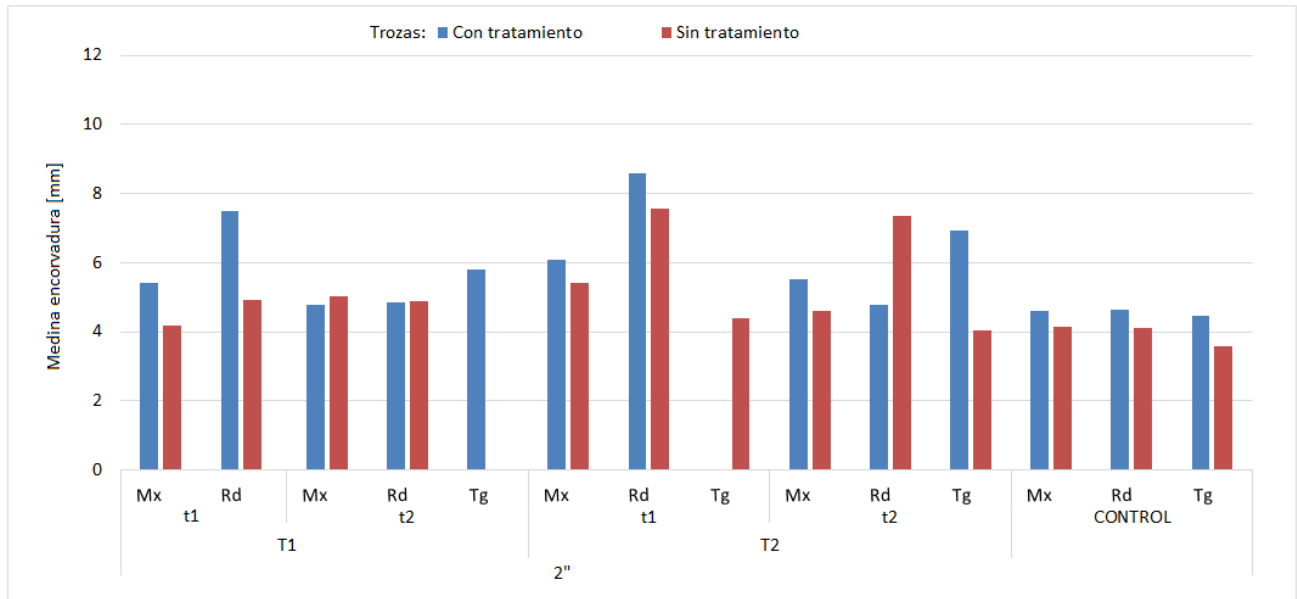


Figura 5.16: Promedios de encorvadura para árboles de edad B y 2" de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Los tratamientos de piezas T1 t1 y T2 t2 tienden a disminuir la encorvadura en la madera aserrada de corte radial, pero a aumentar el nivel del defecto para la madera aserrada de corte tangencial.

En la tabla 5.3 observan los niveles de encorvadura de las piezas analizadas, clasificadas según sus anchos. En el final de la tabla se muestra el porcentaje total de piezas separados por niveles A, B, C y D (sin defecto, defecto leve, defecto moderado y defecto intenso respectivamente). Se puede ver el 28% de las piezas están en el rango de piezas B y que el 72% restante se encuentra en los niveles C y D. Además, se observa que, de las 961 piezas analizadas, 804 cumplen con los niveles admisibles de encorvadura, lo que indica que un 84% de las piezas se encuentran bajo los niveles admisibles de encorvadura.

Tabla 5.3: Análisis de encorvadura según norma NCh 993-1972

N° DE PIEZAS Y NIVELES DE ENCORVADURA NCh 993			
Número piezas 2 y 3" DE ANCHO NIVEL ENCORVARURA SEGÚN NCh 993			
A	B	C	D
0	42	61	35
Número piezas 4" DE ANCHO NIVEL ENCORVARURA SEGÚN NCh 993			
A	B	C	D
2	87	77	87
Número piezas 5 Y 6" DE ANCHO NIVEL ENCORVARURA SEGÚN NCh 993			
A	B	C	D
0	59	135	119
Número piezas 7, 8 Y 9" DE ANCHO NIVEL ENCORVARURA SEGÚN NCh 993			
A	B	C	D
0	35	28	35
Número piezas 10, 11 Y 12" DE ANCHO NIVEL ENCORVARURA SEGÚN NCh 993			
A	B	C	D
0	0	1	1
Piezas totales según nivel de encorvadura			
2	223	302	277
% piezas según nivel de encorvadura			
0,2%	27,7%	37,6%	34,6%
TOTAL	804		

Las piezas de corte radial están limitadas por el defecto de encorvadura, lo que concuerda con los resultados de Gutiérrez & Carmona (1996), en un estudio sobre las tensiones de crecimiento de madera juvenil de *Eucalyptus globulus* crecido en Chile. Otro estudio que avala los resultados es el de Gutiérrez (1996) dicho estudio de secado de tablas radiales y tangenciales de *Eucalyptus nitens*, menciona limitaciones en el uso de la madera radial, por el defecto de encorvadura para productos largos. Los autores Rozas, Sánchez & Pinedo (2005), en un estudio titulado Secado de *Eucalyptus Nitens* y *Globulus* y su aprovechamiento en blocks, pisos y muebles. mencionan que la encorvadura por ser un defecto, que no se puede recuperar durante el proceso de secado, es lo que genera la mayor pérdida en el aprovechamiento de la madera.

5.1.5 Promedios de acanaladura y clasificación según norma NCh 993.

En las Figuras 5.17 a 5.20, se muestran los valores promedios de acanaladura separados según edad A y piezas de 1” de espesor, edad A y piezas de 2” de espesor, edad B y piezas de 1” de espesor, edad B y piezas de 2” de espesor respectivamente.

Para los árboles de edad A y piezas de 1” de espesor, se observa que las piezas de corte radial presentan menores niveles de acanaladura que las piezas de corte tangencial. El mayor valor promedio de acanaladura se registró en madera aserrada de corte tangencial en la madera de control cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 6,5[mm], el mayor valor promedio de acanaladura para madera aserrada de corte radial se obtuvo en la madera de control cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 5,3[mm] aproximadamente. Y el valor promedio mínimo de acanaladura se registró en la madera aserrada de corte radial sometida a T2 t2 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 1,8[mm] aproximadamente. Las trozas con tratamiento disminuyeron en un 47% el defecto de acanaladura en madera aserrada de corte radial sometidas a T2 t1 y aumentaron en un 46% la acanaladura en piezas radiales a sometidas al tratamiento T2 t2. (Ver Figura 5.17)

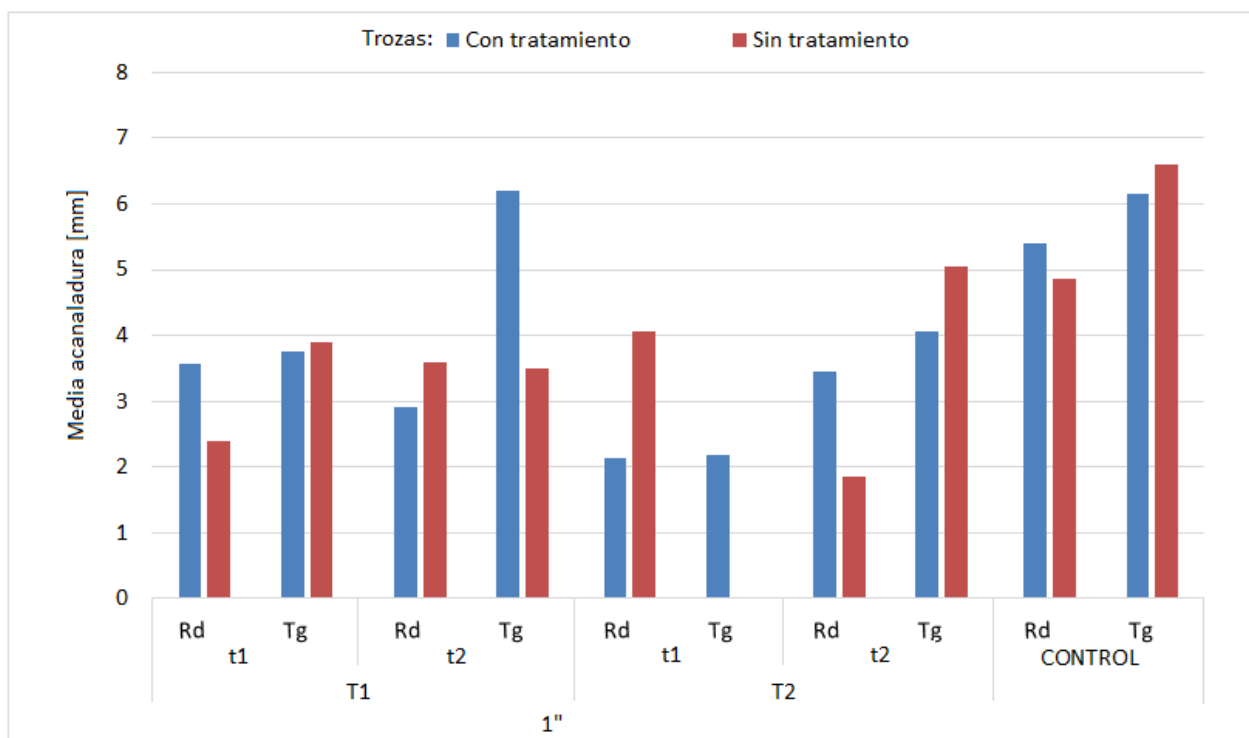


Figura 5.17: Promedios de acanaladura para árboles de edad A y 1” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad A y piezas de 2" de espesor, se observa que las piezas de corte radial y mixto presentan similares niveles de acanaladura y las piezas de corte tangencial muestran un comportamiento aleatorio, el valor promedio de acanaladura más alto fue registrado en la madera aserrada de corte tangencial en la madera de control cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 7,2[mm] aproximadamente. El mayor valor promedio de acanaladura en cortes radiales se registró en la madera de control cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 6,5[mm]. Y el valor promedio mínimo de acanaladura fue registrado en la madera aserrada de corte radial cuando la madera se sometió al tratamiento T2 t1 y las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 2,4[mm] aproximadamente. En la mayoría de los casos las trozas con tratamiento tendieron a aumentar el defecto de acanaladura en la madera aserrada, para el caso de madera aserrada de corte radial sometida a T1 t2 las trozas con tratamiento aumentaron la acanaladura en un 26%. (Ver Figura 5.18)

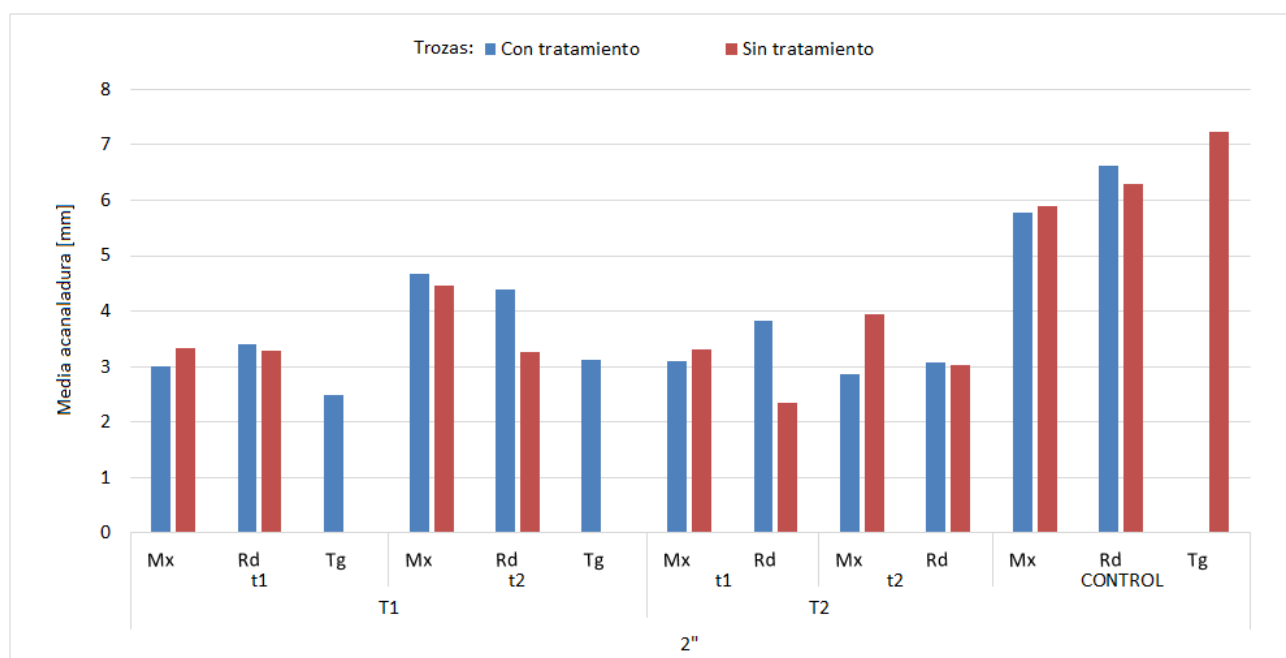


Figura 5.18: Promedios de acanaladura para árboles de edad A y 2" de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B y piezas de 1" de espesor, se observa que las piezas de corte tangencial presentaron mayores niveles de acanaladura que las piezas de corte radial, y las piezas de corte mixto se mantuvieron entre las de corte radial y tangencial en la mayoría de los casos. El mayor valor promedio de acanaladura se registró en madera aserrada de corte tangencial de control cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 8[mm]. El mayor valor

promedio de acanaladura en madera aserrada de corte radial se obtuvo en la madera de control cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 4,5[mm] aproximadamente. El valor promedio mínimo de acanaladura se registró en la madera aserrada de corte radial sometida al tratamiento T1 t1 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 2,2[mm] aproximadamente. Las trozas con tratamiento disminuyeron el nivel de acanaladura en la madera aserrada en un 43% en piezas tangenciales sometidas al tratamiento T2 t1. (Ver Figura 5.19)

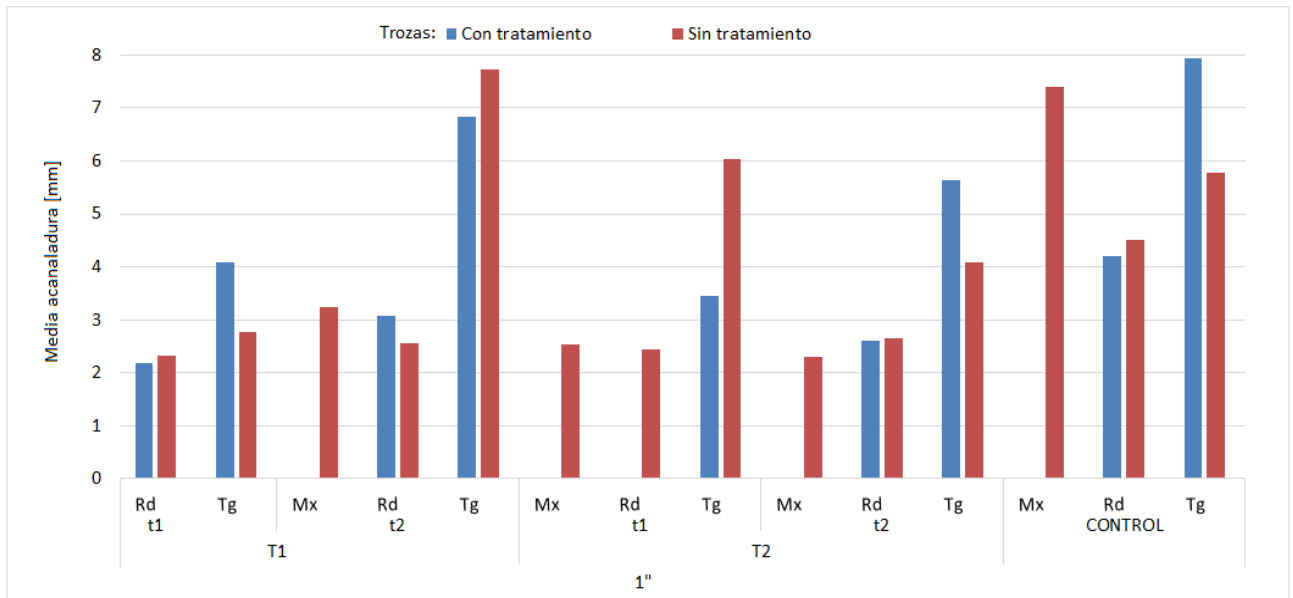


Figura 5.19: Promedios de acanaladura para árboles de edad B y 1” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B y piezas de 2” de espesor, se observa que las piezas de corte radial, tangencial y mixto presentan similares niveles de acanaladura. El valor promedio de acanaladura más alto fue registrado por la madera aserrada de corte tangencial en la madera de control cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 7[mm] aproximadamente. El mayor valor promedio de acanaladura en madera aserrada de corte radial se registró en la madera de control cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 6,8[mm]. El valor promedio mínimo fue registrado por la madera aserrada de corte tangencial sometidas a T2 t2 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 1,5[mm]. El tratamiento de trozas disminuyó el defecto de acanaladura en un 44% en la madera aserrada de corte tangencial sometida a T2 t2, también el

tratamiento de trozas aumentó en un 13% el defecto de acanaladura en la madera aserrada de corte radial y tangencial en las piezas de control. (Ver Figura 5.20)

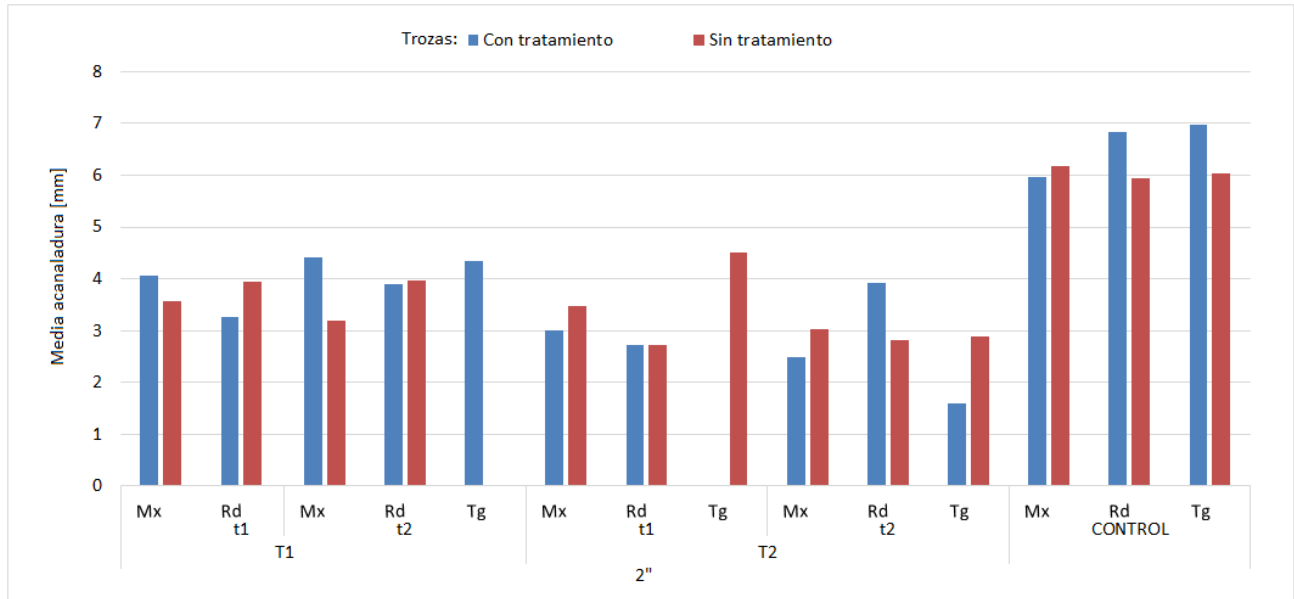


Figura 5.20: Promedios de acanaladura para árboles de edad B y 2” de espesor.

Fuente Elaboración propia.

En la tabla 5.4 observan los niveles de acanaladura admisibles, clasificadas según sus anchos. En el final de la tabla se muestra el porcentaje total de piezas separados por niveles A, B, C, D Y E (donde A son piezas sin defecto y E piezas con defecto intenso). Se puede ver el 28% de las piezas están entre los rangos A y B y que el 72% restante se encuentra en los niveles C, D y E. Además, se observa que, de las 961 piezas analizadas, 898 piezas cumplen con los niveles admisibles de encorvadura, lo que representa a un 90% de las piezas.

Tabla 5.4: Análisis de acanaladura según norma NCh 993-1972

N° DE PIEZAS Y NIVELES DE ACANALADURA SEGÚN NCh 993					
	A	B	C	D	E
TOTAL	9	235	408	190	56
TOTAL %	1%	27%	45%	21%	6%
TOTAL	898				

Para la mayoría de los tratamientos realizados las piezas de corte tangencial presentaron los mayores niveles de defecto concordando con el estudio realizado por Rozas (2002), donde menciona que la acanaladura está presente, principalmente en piezas tangenciales o en aquellas piezas que presentan algún grado de tangencial. También señala que los diferentes largos y presencia de nudos no influyen sobre este defecto, principalmente porque éste se ve influenciado por el ancho de las piezas.

5.2 Variación de alabeos entre la etapa después de aserrío y la etapa después de secado.

5.2.1 Variación de la arqueadura.

En la figura 5.21 y 5.22, se muestran las variaciones de la arqueadura, entre el momento en que fueron aserradas las piezas y el final de la etapa de secado, para los distintos tratamientos realizados, separados según edad A y edad B.

En el gráfico se puede observar que, el tratamiento de piezas generó un impacto negativo sobre la variación de la arqueadura, donde la arqueadura aumento en el proceso de secado. Las piezas utilizadas de control, disminuyeron la arqueadura entre el proceso de aserrío y de secado. Además, las trozas que fueron sometidas a tratamiento tendieron a aumentar el defecto de arqueadura en la madera aserrada durante el proceso de secado, en la mayoría de los casos. (Ver Figura 5.21)

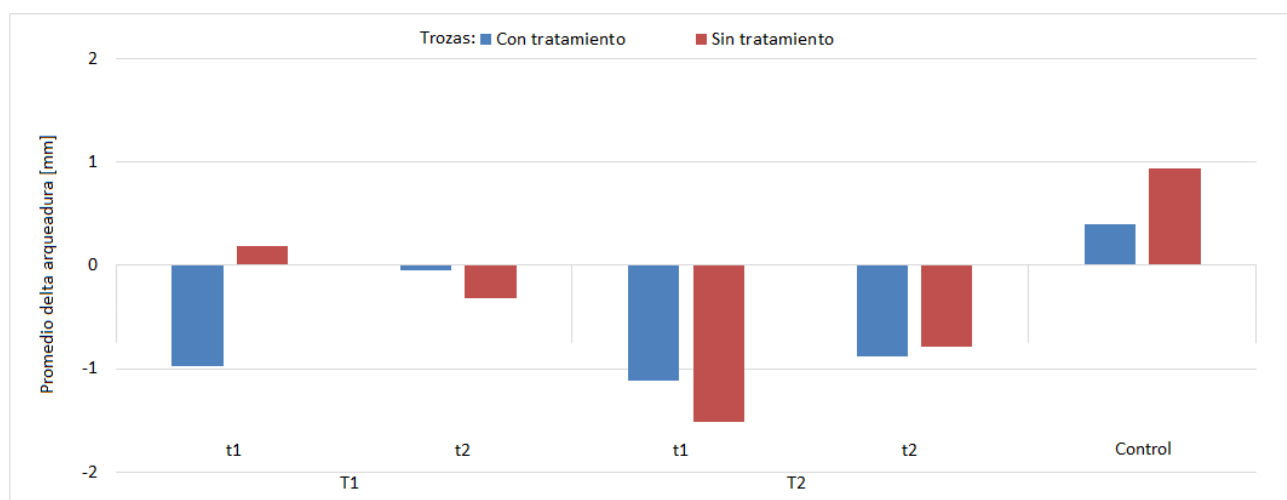


Figura 5.21 Promedio delta de arqueadura para árboles de edad A.

Fuente Elaboración propia.

En la Figura 5.22 se observa que, el tratamiento de la madera aserrada generó un impacto negativo sobre la variación de la arqueadura, donde la arqueadura aumento en el proceso de secado.

Las piezas utilizadas de control, disminuyeron la arqueadura entre el proceso de aserrío y de secado. Además, las trozas que fueron sometidas a tratamiento tendieron a aumentar el defecto de arqueadura durante el proceso de secado, en la mayoría de los casos.

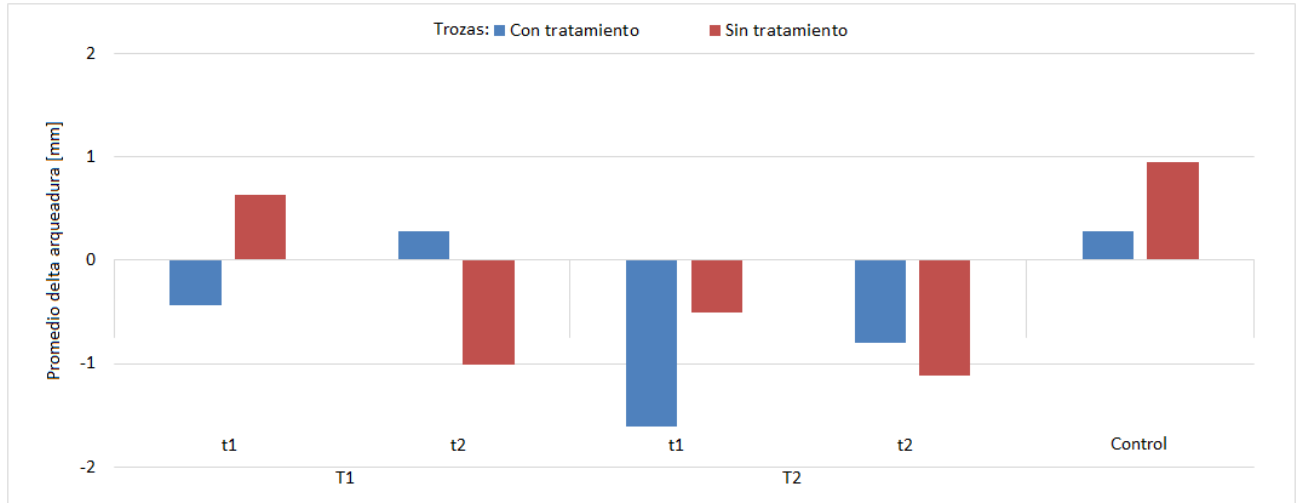


Figura 5.22 Promedio delta de arqueadura para árboles de edad B.

Fuente Elaboración propia.

5.2.2 Variación de encorvadura.

En la figura 5.23 y 5.24, se muestran las variaciones de la arqueadura, entre el momento en que fueron aserradas las piezas y el final de la etapa de secado, para los distintos tratamientos realizados, separados según edad A y edad B.

En la figura 5.23 se observa que, el tratamiento de piezas genero un efecto negativo sobre la variación de la encorvadura ya que ésta aumento en el proceso de secado. Los mejores resultados se obtuvieron en las piezas utilizadas de control y trozas sin tratamiento, donde se produjo una disminución de la encorvadura entre el proceso de aserrío y de secado. Las trozas que fueron sometidas a tratamiento tendieron a aumentar el defecto de encorvadura durante el proceso de secado, en la mayoría de los casos.

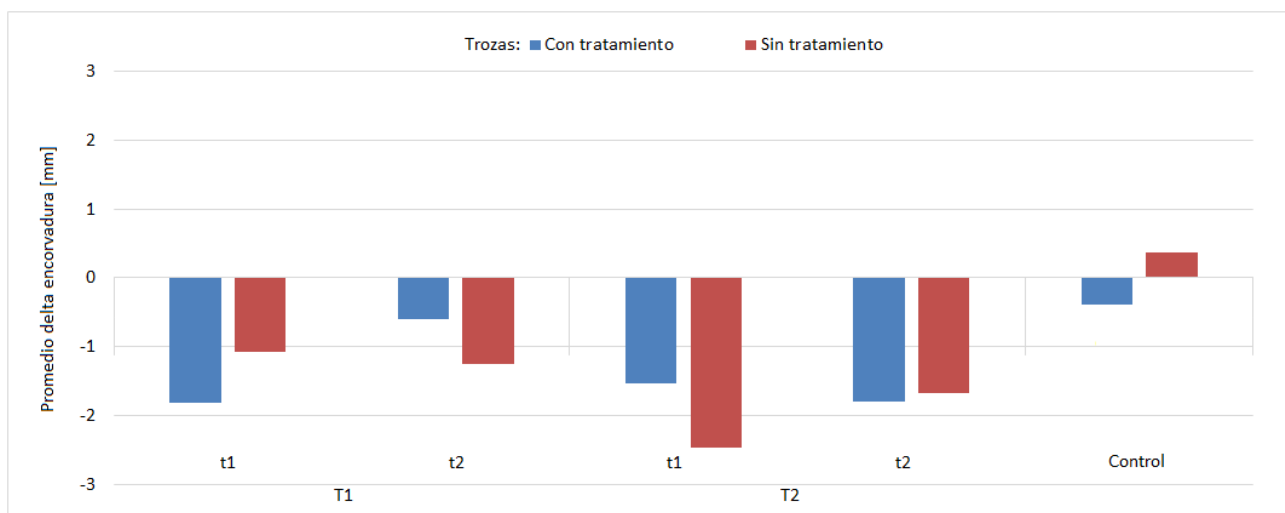


Figura 5.23 Promedio delta de encorvadura para árboles de edad A.

Fuente Elaboración propia.

En la figura 5.24 se observa que, el tratamiento de piezas genero un efecto negativo sobre la variación de la encorvadura ya que ésta aumento en el proceso de secado. Los mejores resultados se obtuvieron en las piezas utilizadas de control y trozas sin tratamiento y en las piezas sometidas a T1 t1 cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, donde se produjo una disminución de la encorvadura entre el proceso de aserrío y de secado. Las trozas que fueron sometidas a tratamiento tendieron a aumentar el defecto de encorvadura durante el proceso de secado.

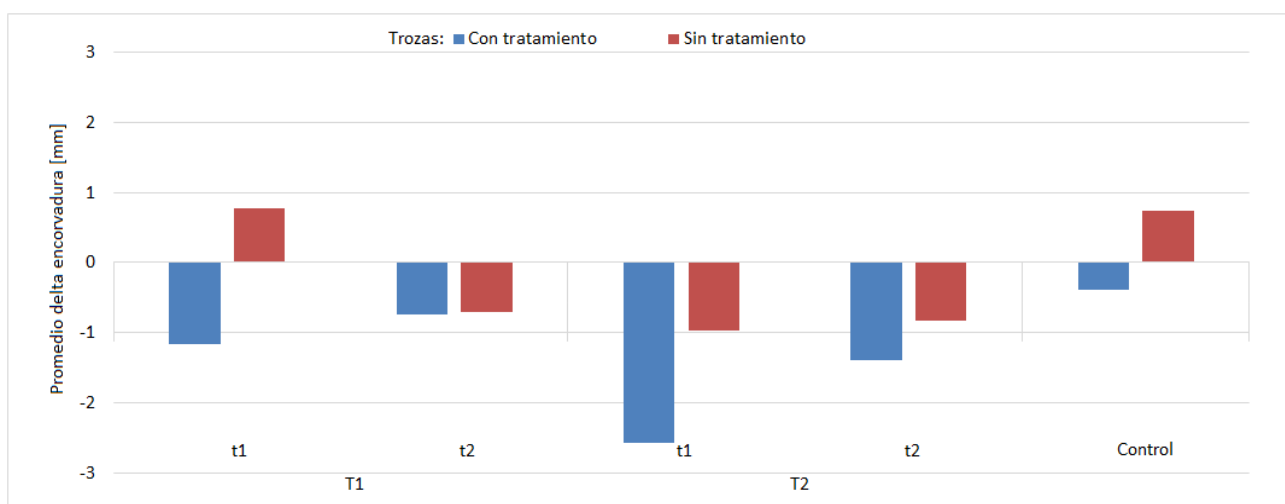


Figura 5.24 Promedio delta de encorvadura para árboles de edad B.

Fuente Elaboración propia.

5.2.3 Variación de torcedura.

En la figura 5.25 y 5.26, se muestran las variaciones de la torcedura, entre el momento en que fueron aserradas las piezas y el final de la etapa de secado, para los distintos tratamientos realizados, separados según edad A y edad B.

En la Figura 5.25 se observa que el tratamiento de piezas generó un efecto positivo sobre el delta de torcedura, en la madera aserrada sometida a T2 t1 y T2 t2 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento. También se puede ver que las trozas sometidas a tratamiento tuvieron un impacto positivo en la variación de la torcedura de la madera aserrada tratada a temperatura T2 y un impacto negativo en la madera aserrada tratada a temperatura T1. La mayor y única disminución de la torcedura entre el proceso de aserrío y después de secado, se generó en la madera aserrada sometida al tratamiento T2 t2, cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento.

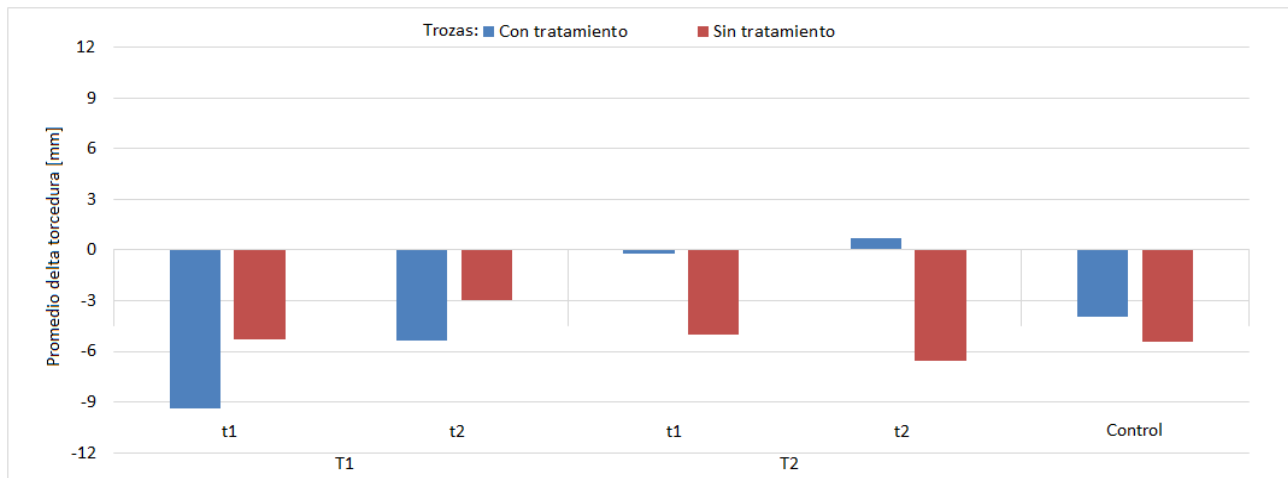


Figura 5.25 Promedio delta de torcedura para árboles de edad A.

Fuente Elaboración propia.

En la figura 5.26 se observa que el tratamiento de piezas generó un impacto positivo en la variación de la torcedura cuando fue sometida a temperatura T2. También se puede ver que las trozas sometidas a tratamiento tuvieron un impacto positivo sobre la variación de la torcedura en la madera aserrada tratada a temperatura T2 y un impacto negativo en la madera aserrada tratada a T1 t2. La mayor disminución de la torcedura entre el proceso de aserrío y después de secado, se generó en la madera aserrada sometida a T2 t2 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento.

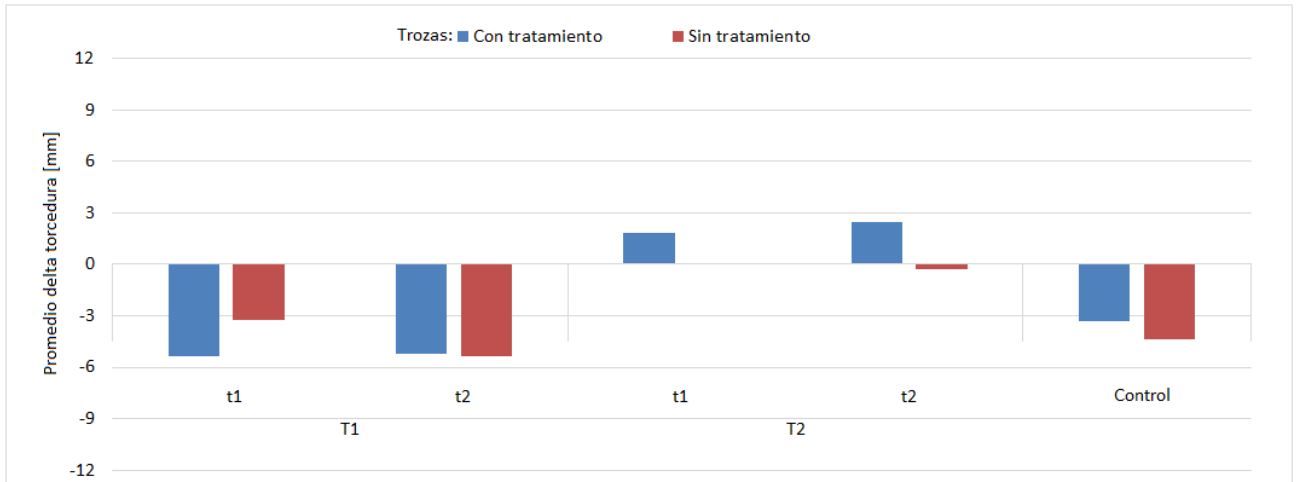


Figura 5.26 Sumatoria delta de torcedura para árboles de edad B.

Fuente Elaboración propia.

5.3 Tensiones de secado.

En las figuras 5.33 y 5.34 se muestran los promedios de las tensiones de secado para los distintos espesores, tratamientos de trozas y tratamiento de madera aserrada, separados según edad A y edad B respectivamente.

Para los árboles de edad A, se observa la madera aserrada de 1 y 2” de espesor sometida a tratamiento, presentó una disminución notoria en las tensiones de secado en comparación con la madera de control. La menor tensión de secado para la madera aserrada de 1” de espesor se registró en la madera que fue sometida al tratamiento T2 t2 cuando las trozas no fueron sometidas tratamiento, con un valor promedio de 0,8[mm] aproximadamente (calidad exclusiva). Para la madera aserrada de 2” de espesor la menor tensión de secado tuvo lugar en la madera sometida al tratamiento T2 t1 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor promedio de 0,8[mm] (calidad exclusiva). (Ver Figura 5.27)

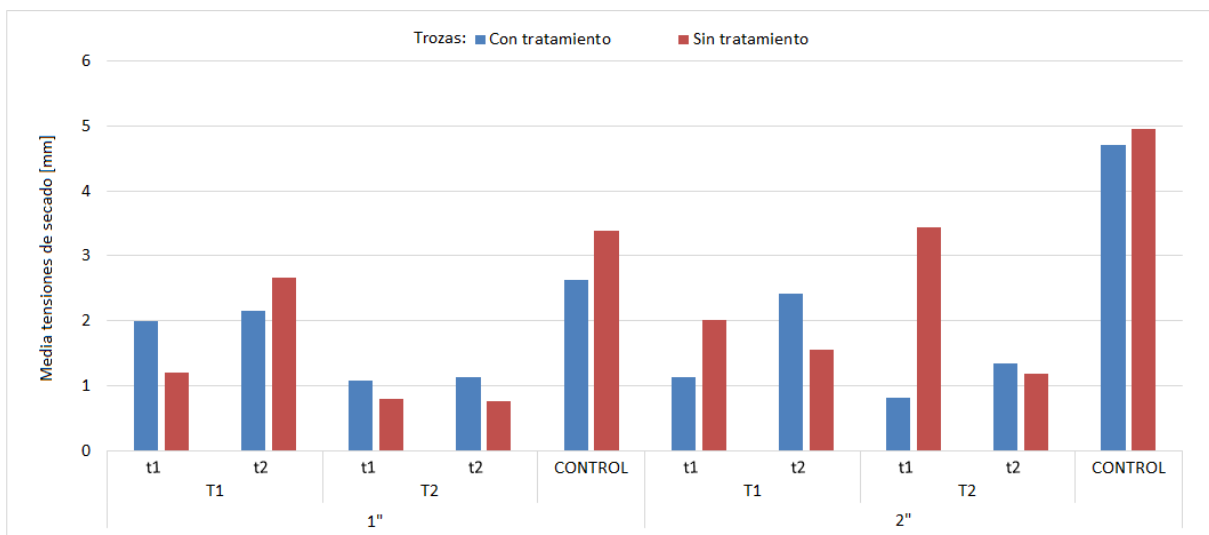


Figura 5.27: Promedios de tensiones de secado para arboles de edad A.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B, se observa que cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, la madera aserrada de 2" de espesor presentó una disminución notoria de las tensiones de secado. El menor valor, se registró en la madera aserrada de 2" de espesor, sometida al tratamiento T2 t1 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor aproximado de 0,7[mm]. El menor valor promedio de tensión de secado para madera aserrada de 1" de espesor, se registró en la madera sometida al tratamiento t2 T2, cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un valor de 0,78[mm] aproximadamente. (Ver Figura 5.28)

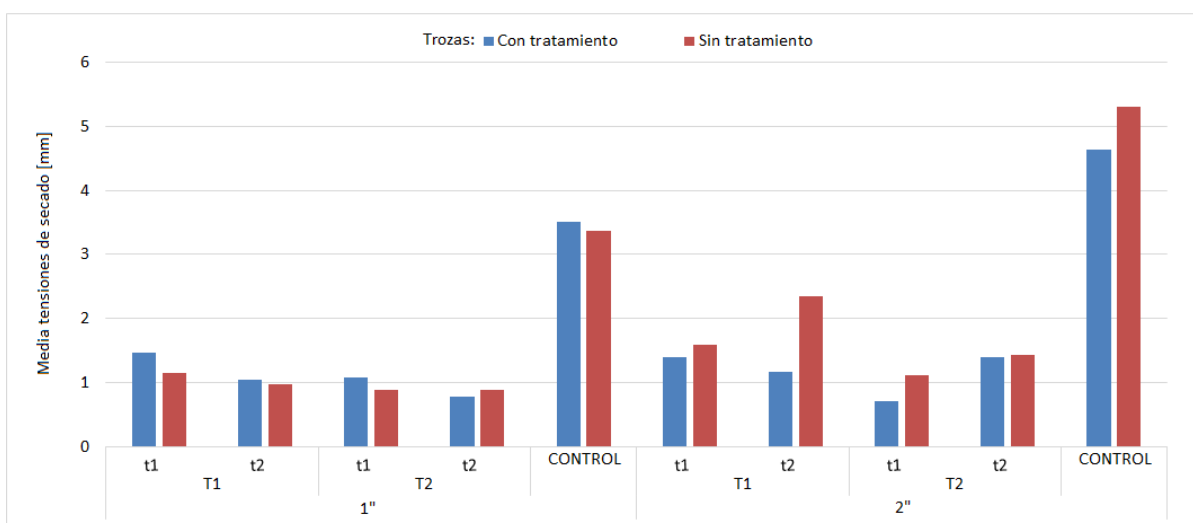


Figura 5.28: Promedios de tensiones de secado para arboles de edad B.

Fuente Elaboración propia.

Además, se observa que para los árboles de edades A y B, el tratamiento de la madera aserrada tuvo un efecto positivo sobre las tensiones de secado de la madera, disminuyendo considerablemente éstas. En ambos gráficos el mejor tratamiento para la madera aserrada de 1” de espesor fue el T2 t2, y para la madera aserrada de 2” de espesor el mejor tratamiento fue el T2 t1.

En la tabla a continuación se muestra un resumen de la calidad de la madera aserrada según las tensiones de secado presentes en éstas.

Tabla 5.5: Análisis de tensiones de secado según Welling, 1994.

INTENSIDAD	NIVEL DE TENSIONES [mm]
ESTANDAR	3
CALIDAD	2
EXCLUSIVA	1

NIVEL DE CALIDAD TENSIONES DE SECADO (WELLING 1994)			
	EXCLUSIVA	CALIDAD	ESTANDAR
NRO DE PIEZAS	344,0	193,0	105,0
% TOTAL	54%	30%	16%
TOTAL	642,0		

Los valores promedios de las tensiones de secado variaron desde 0,7[mm] hasta 5[mm] aproximadamente para un contenido de humedad promedio del 20%. Se puede apreciar una notoria disminución de las tensiones de secado cuando la madera aserrada fue sometida a tratamiento. Rozas (2002) en un estudio de resultados tecnológicos, obtiene tensiones de 0,57 y 0,89[mm] (calidad exclusiva) para madera aserrada de *Eucalyptus nitens*, para piezas con un contenido de humedad del 12 y 10% respectivamente. De un total de 642 piezas de *Eucalyptus nitens*, el 54% se encuentra en el rango de calidad exclusiva, el 30% en madera de calidad y el 16% como madera estándar.

5.4 Gradiente de humedad.

En las figuras 5.29 y 5.30 se muestran los promedios de los gradientes de humedad para los distintos espesores, tratamiento de trozas y tratamiento de madera aserrada, separados según árboles de edad A y edad B respectivamente.

Para los árboles de edad A, se observa que para las piezas de 1” de espesor los gradientes de humedad fueron disminuidos severamente para todos los tratamientos de la madera aserrada en comparación a la madera de control. El menor gradiente de humedad para piezas de 1” fue registrado cuando la madera fue sometida al tratamiento T2 t1 y las trozas fueron sometidas a tratamiento, con un gradiente de humedad menor al 0,5 %. Para las piezas de 2” de espesor también se generó una disminución de los gradientes de humedad cuando la madera aserrada fue sometida a tratamiento y el menor gradiente de humedad se generó cuando la madera fue sometida al tratamiento T1 t1 y las trozas fueron sometidas a tratamiento. Además, se puede ver que para la mayoría de los casos las trozas que fueron sometidas a tratamientos presentaron menor gradiente de humedad que las trozas sin tratamiento a excepción de las piezas de 1” sometidas a los tratamientos T1 t1 y T1 t2.

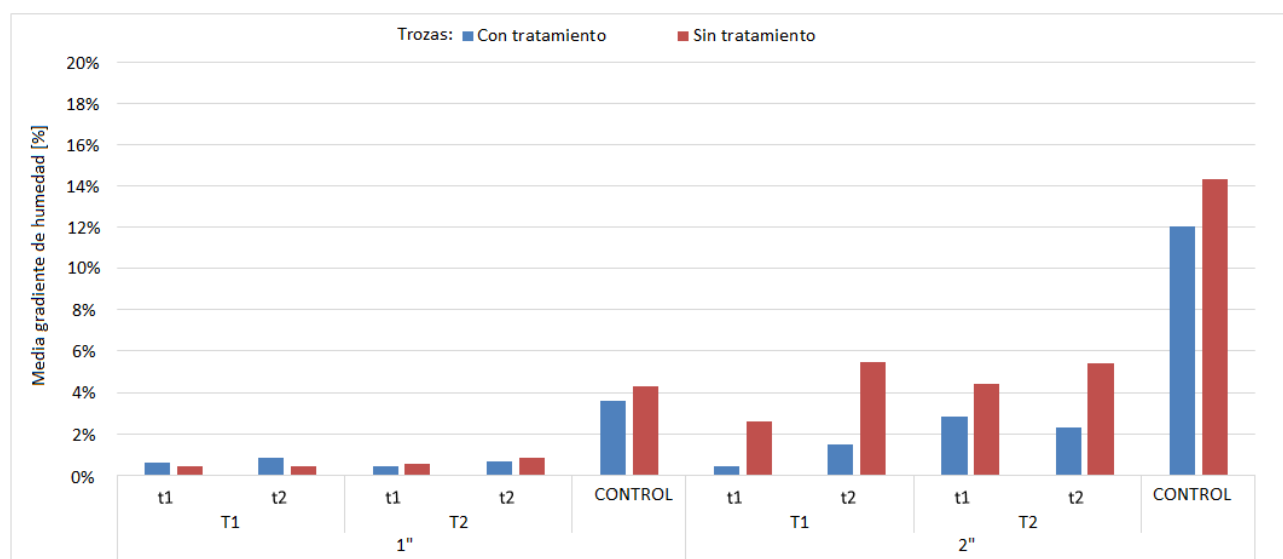


Figura 5.29: Promedios de gradientes de humedad para árboles de edad A.

Fuente Elaboración propia.

Para los árboles de edad B, se observa que para las piezas de 1” de espesor los gradientes de humedad fueron disminuidos para todos los tratamientos de la madera aserrada en comparación a la madera de control. El menor gradiente de humedad para piezas de 1” se registró cuando la madera aserrada fue sometida al tratamiento T2 t2 y las trozas no fueron sometidas a tratamiento, con un gradiente de humedad menor al 0,5 %. Para las piezas de 2” de espesor también se generó una disminución de los gradientes de humedad en la madera aserrada sometida a tratamiento, el menor gradiente de humedad se generó en la madera aserrada sometida al tratamiento T1 t1 cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento. Además, se puede ver que para las piezas de 2” las trozas que fueron sometidas a tratamientos presentaron menor gradiente de humedad que las trozas sin tratamiento.

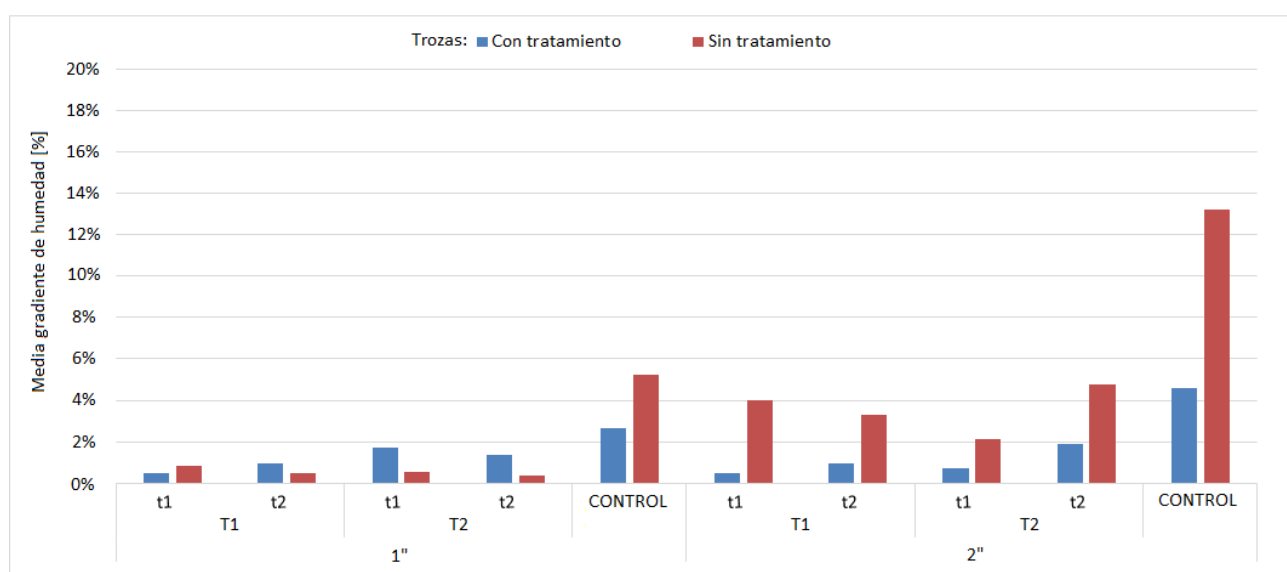


Figura 5.30: Promedios de gradientes de humedad para árboles de edad B.

Fuente Elaboración propia.

Se puede apreciar para ambas edades, que la madera aserrada de 2” de espesor presentó un menor porcentaje promedio de gradientes de humedad cuando la madera aserrada fue sometida al tratamiento T1 t1 y las trozas fueron sometidas a tratamiento. Para la madera aserrada de 1” de espesor, la mejor temperatura de tratamiento fue T2, para ambas edades.

En la tabla 5.6 se muestra el resumen la calidad los gradientes de humedad de la madera aserrada de *Eucalyptus nitens*.

Tabla 5.6: Análisis de gradientes de humedad según Welling, 1994

TIPO DE CALIDAD	GRADIENTE DE HUMEDAD (%)
ESTANDAR	4
CALIDAD	3
EXCLUSIVA	2

NIVEL DE CALIDAD GRADIENTE DE HUMEDAD (WELLING,1994)			
	EXCLUSIVA	CALIDAD	ESTANDAR
NRO DE PIEZAS	566	53	31
% TOTAL	87%	8%	5%
TOTAL	650,0		

Los gradientes de humedad encontrados para un promedio de contenido de humedad de un 20% variaron entre un 0,5 y un 15% aproximadamente, este máximo del 15% fue encontrado en las trozas y madera aserrada que no fueron sometidas a tratamiento (piezas de control). Rozas (2002) en el estudio de resultados tecnológicos, obtiene promedios de gradientes de humedad que van del 0,66% a 0,75% lo que según Welling (1994) se encuentra en el rango de calidad exclusiva, esta diferencia en los gradientes de humedad se puede deber al menor porcentaje del contenido de humedad en las piezas de *Eucalyptus nitens*, en el estudio de Rozas (2002).

5.5 Contenido de humedad.

5.5.1 Contenido de humedad promedio según tratamiento.

En la Figura 5.31 se muestran los contenidos de humedad promedios, registrados después del aserrío de las piezas, para los diferentes tratamientos realizados.

Se observa que la madera que fue sometida a tratamiento de trozas presenta una ligera disminución en el contenido de humedad en comparación con la madera que no fue sometida a tratamiento de trozas. Los promedios de los contenidos de humedad inicial de la madera aserrada, se encuentran entre un 113% y un 120% aproximadamente, lo que concuerda con los resultados obtenidos por ROZAS, 2005, en el estudio, Secado de *Eucalyptus nitens* y *globulus* y su aprovechamiento en block de pisos y muebles, donde se muestra que *Eucalyptus nitens* en laboratorio presentó un contenido de humedad inicial igual a 117%. (Ver Figura 5.31)

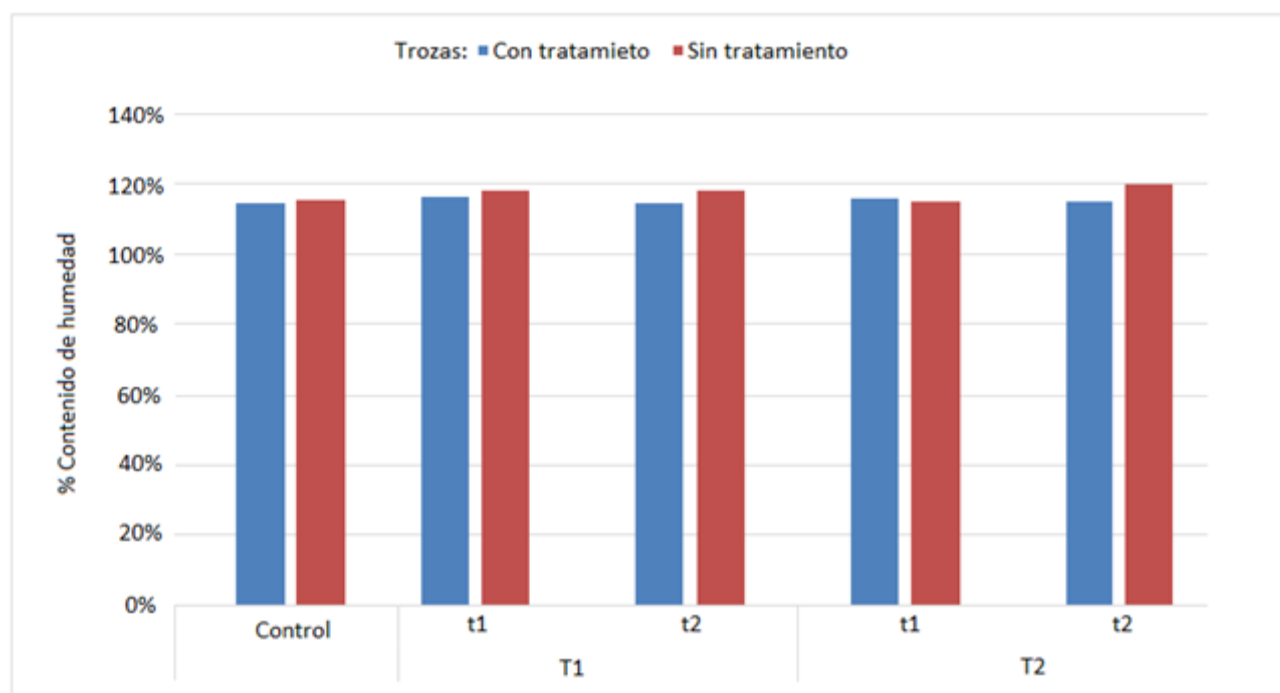


Figura 5.31: Contenido de humedad promedio después del aserrío para los distintos tratamientos.

Fuente Elaboración propia.

En la figura 5.32 se observan los contenidos finales de humedad para los distintos tratamientos realizados, ya sea de trozas o de piezas. Se observa que cuando las trozas fueron sometidas a

tratamiento, la madera aserrada presentó menores contenidos de humedad que cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento, generando una disminución del 32% del contenido de humedad en la madera de control. Por otra parte, se puede ver que la madera aserrada sometida a tratamiento presentó menor contenido de humedad que la madera aserrada de control. El tiempo de tratamiento t1 presentó los menores contenidos de humedad para las temperaturas T1 y T2. Y la temperatura T1 registró menores valores promedios de contenidos de humedad que la T2. (Ver Figura 5.32)

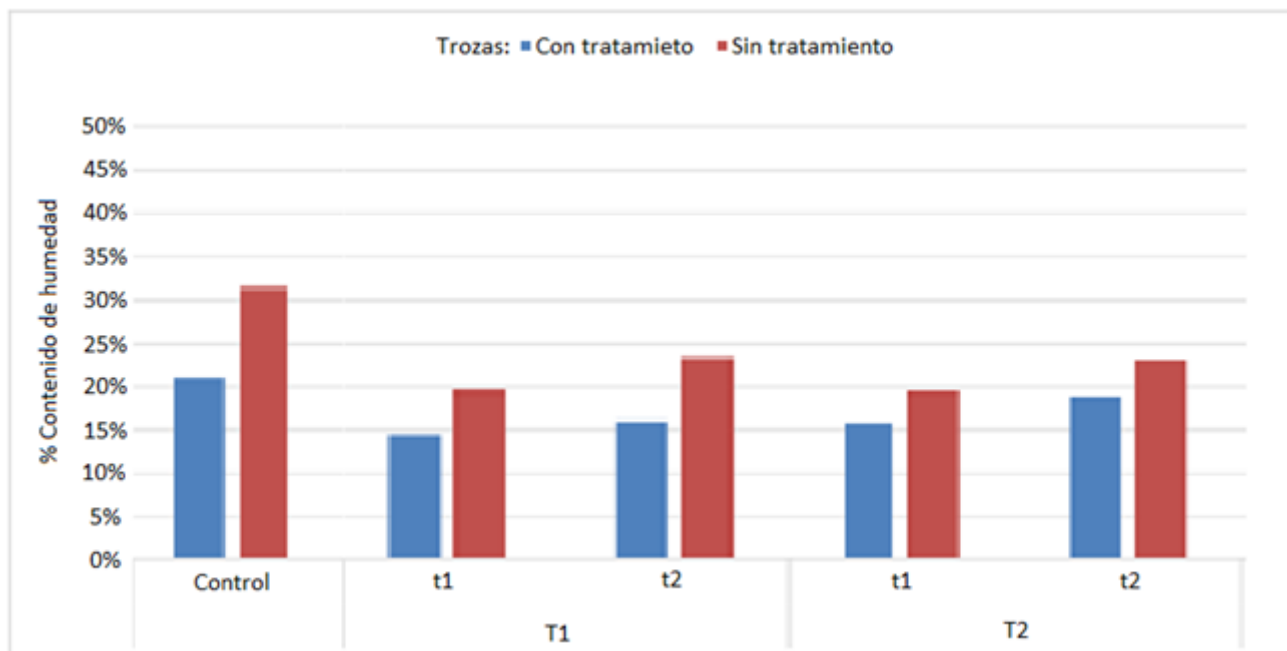


Figura 5.32: Contenido de humedad promedio después de secado para los distintos tratamientos. Fuente Elaboración propia.

5.5.2 Curvas de secado.

En las Figuras 5.33 a 5.36 se muestran los contenidos de humedad separados en espesor de la madera aserrada y tratamiento de trozas.

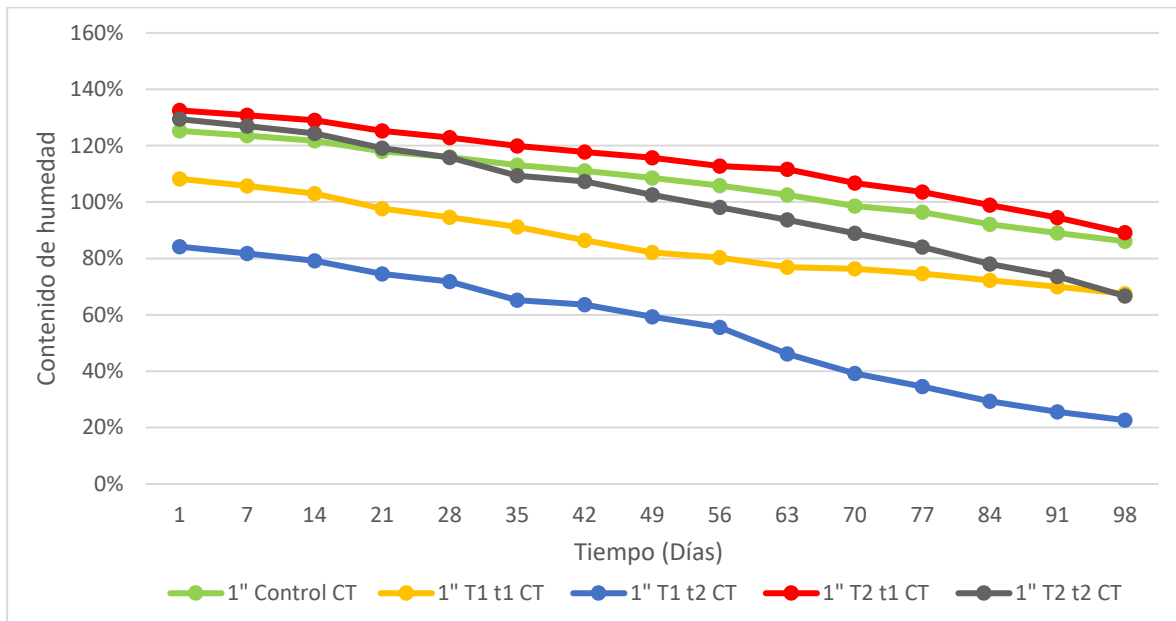


Figura 5.33: Curva de secado de la madera aserrada de 1" de espesor sometida a tratamiento de trozas. Fuente Elaboración propia.

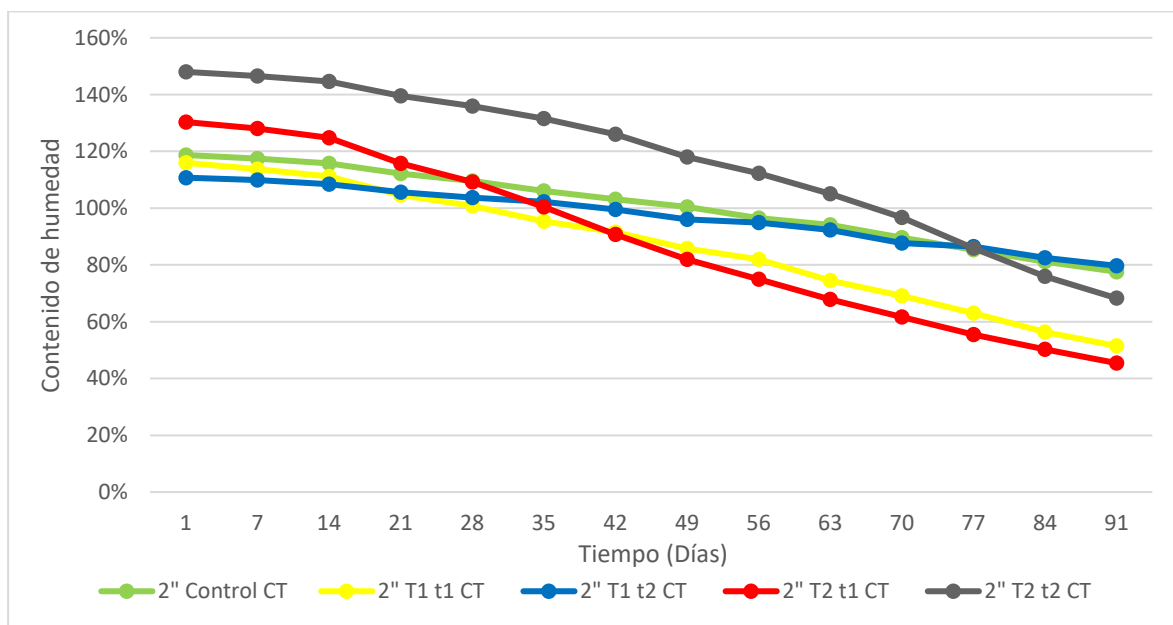


Figura 5.34: Curva de secado de la madera aserrada de 2" de espesor sometida a tratamiento de trozas. Fuente Elaboración propia.

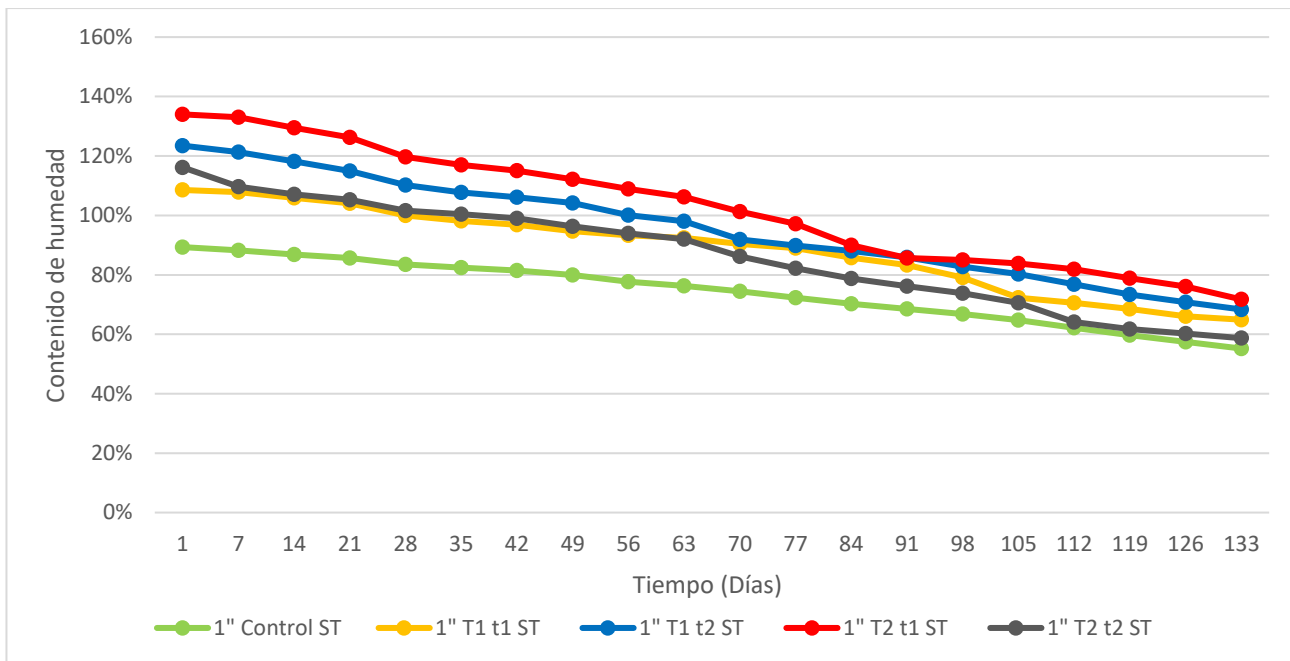


Figura 5.35: Curva de secado de la madera aserrada de 1” de espesor sin tratamiento de trozas. Fuente Elaboración propia.

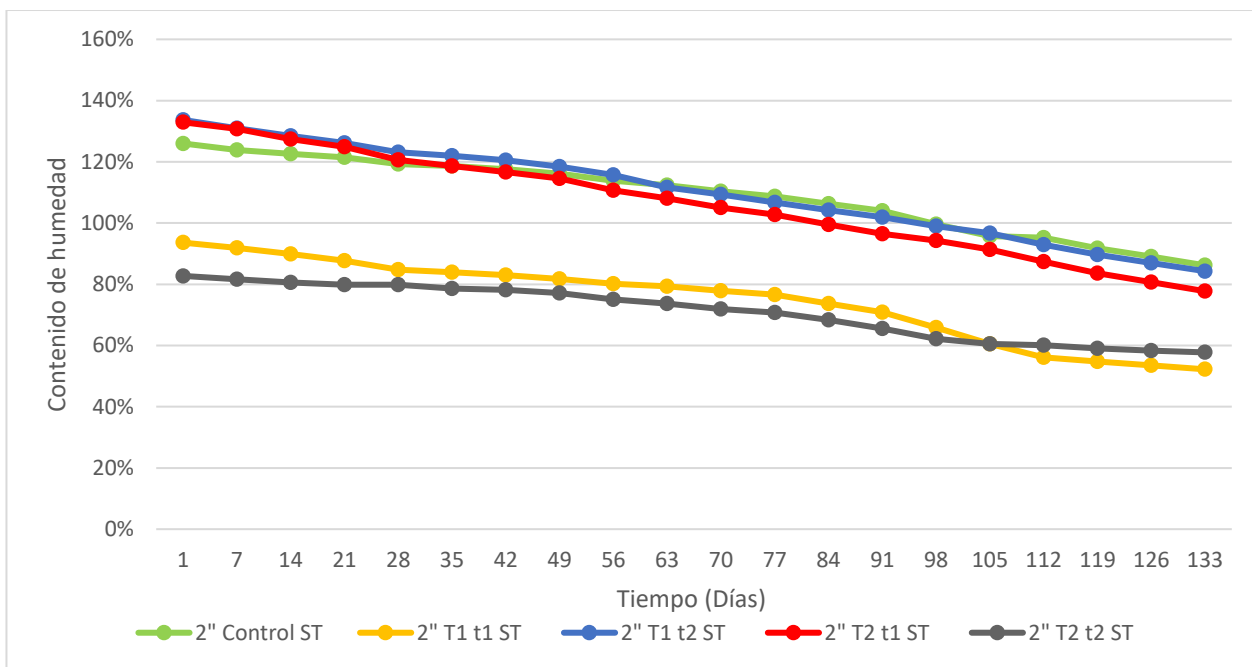


Figura 5.36: Curva de secado de la madera aserrada de 2” de espesor sin tratamiento de trozas. Fuente Elaboración propia.

La madera aserrada de 1 y 2” de espesor sometida a tratamiento de trozas, presenta una mayor velocidad de secado cuando la madera aserrada fue sometida al tratamiento T2 t2. Seguida por los tratamientos T2 t1 y T1 t2.

La madera aserrada de 1 y 2” de espesor que no fue sometida a tratamiento de trozas, presenta una mayor velocidad de secado cuando la madera aserrada fue sometida al tratamiento T2 t1. Seguido por el tratamiento T2 t2 y T1 t2.

La máxima velocidad de secado fue obtenida de la madera aserrada proveniente de trozas con tratamiento sometida al tratamiento de piezas T2 t2, con una velocidad de secado de $0,88 \left[\frac{\%}{\text{día}} \right]$.

5.5.3 Distribución del contenido de humedad en los castillos de secado.

Desde la tabla 5.7 a 5.9, se muestran las distribuciones de humedad para los tres castillos de madera aserrada de *Eucalyptus nitens*, cada castillo fue separado según el tratamiento de piezas al que fue sometido. En primer lugar, se muestra el castillo de la madera aserrada de control, luego el castillo sometido a la temperatura T1, y finalmente el castillo sometido a temperatura T2.

Para el castillo 1 (piezas de control), se puede observar que los valores mínimos de humedad fueron registrados en las filas A, M, N, Ñ, O, donde el promedio de contenido de humedad de las piezas osciló entre un 13 y 14%. Sin embargo, en el resto de las filas las humedades tienden a aumentar, alcanzando en ocasiones un contenido de humedad promedio cercano al 60% (fila W), el contenido humedad promedio del castillo 1 fue de un 27%. Las piezas marcadas en las tablas 5.7 a 5.9, son las piezas de madera aserradas seleccionadas para medir las velocidades de secado.

Tabla 5.7: Distribución del contenido de humedad del castillo 1.

CONTENIDO DE HUMEDAD (%). CASTILLO 1, MADERA DE CONTROL													
Columna Fila	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	13	12	13	14	11	12	12	25	10				
B	15	14	15	16	20	17	16	20	15	16	15		
C	17	18	20	19	13	22	21	16	14	19	16	14	
D	14	16	14	24	24	25	26	35	27	15	23	13	14
E	19	26	28	26	30	40	27	24	15				
F	16	14	21	23	44	37	24	31	38	25	21	27	
G	12	21	18	28	32	42	39	27	24	26	44	17	
H	13	21	23	30	35	30	31	30	29	21	31	19	
I	26	25	30	22	16	37	28	17	22	31	32	22	
J	16	14		15	18	20	24	27	19				
K	14	14	16	15	12	21	25	16					
L	13	14	15	14	35	16	17		14				
M	10	14	13	14	13	19	16	16	13				
N	12	14	12	12	13	14	14	15	14	15	11		
Ñ	12	12	13	13	13	12	14	15	13	14			
O	13	19	14	13	14	12	16	13	16				
P	15	15	17	30	39	27	35	22	36	26			
Q	34	14	14	24	23	17	19	26	25	23	18	15	
R	15	17	19	19	18	17	22	20	17	14			
S	14	25	16	17	22	51	68	26	32	17			
T	13	18	34	15	25	30	44	43	57	30	16		
U	24	27	36	35	47	44	57	26	56	30			
V	13	25	45	41	42	43	59	48	79	77	33		
W	24	45	42	57	70	97	105	73	70	63	41	25	
X	22	44	42	40	41	42	51	37	67				
Y	19	46	36	25	57	49	52	94	61	37			
Z	31	36	38	46	47	52	77	41					
AA	36	33	54	46	37	42	44	43	24				
AB	17	16	26	34	32	21	26	31	16	16			

En el castillo 2 (temperatura T1), se puede observar que las humedades de las piezas presentaron un comportamiento significativamente mejor que en el castillo 1 (piezas de control), ya que las humedades se mantuvieron prácticamente constantes, con un promedio por fila que osciló entre un 13% y un 19% hasta la fila X. A partir de la fila Y los promedios por fila del contenido de humedad comenzaron a aumentar desde un 21% (fila Y), hasta un 32% registrado en la fila AD (ante

Tabla 5.8: Distribución del contenido de humedad del castillo 2.

CONTENIDO DE HUMEDAD (%). CASTILLO 2, MADERA SOMETIDA A T1°C												
Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Fila												
A		11	11	25	12	12	12					
B	12	12	12	13	13	12	13	12	13	13	18	
C	13	14	13	14	14		12	13	13	13	12	
D	13	13	13	13	15	15	13	13	14	14	12	
E	14	13	14	13	14	14	14	20	16	14	13	
F	14	14	14	14	14	14	14	14	15	14	14	14
G	14	13	15	14	15	15	15	15	15		14	14
H	14	15	15	17	16	13	16	17	15	16	14	
I	13	15	17	17	18	17	20	15	14	13		
J	13	14	19	15	14	13	18	16	16	21	15	21
K	14	15	17	17	26	17	21	15	33	17	17	14
L	14	14	16	16	29	16	20	17	14	14		
M	15	14	14	15	23	15	13	15	13	14	13	
N	13	13	15	16	18	18	19	17	14	15		
Ñ	14	15	16	14	16	20	16	14	14			
O	14	14	17	21	20	15	15	14	21			
P	13	21	15	16	14	15	15	15	14	15		
Q	13	14	14	15	13		14	13	14			
R	13	14	14	16	22	17	13	16	14			
S	13	27	17	15	14	18	16	14	14	14		
T	26	13	20	25	16	16	22	19	15	15	13	
U	14	13	13	14	15	17	22	15	16			
V	16	15	17	15	24	24	15	14	9			
W	16	16	17	17								
X	14	17	22	23	22	16	17	17	15			
Y	14	15	27	19	25	27	24	21	27	19	16	
Z	14	33	30	30	35	37	26	21	33	15		
AA	18	26	35	36	32	43	18	21	16			
AB	16	19	18	23	49	43	29	22	17	17		
AC	20	22	20	39	26	52	44	39	28	17		
AD	19	27	31	50	44	32	33	45	17	18		
AE	18	26	27	26	27	50	35	18	21	18		
AF	17	17	19	17	22	21	20	20	17			

En el castillo 3 las piezas registraron un comportamiento similar a los obtenidos en el castillo 2. Los promedios por fila de los contenidos de humedad se mantuvieron bajo el 20% desde la fila A hasta la fila Z. A partir de la fila AA, los promedios de los contenidos de humedad por fila comenzaron a aumentar desde un 21% (fila AA) hasta un 36% (fila AF). Finalmente, el valor promedio del contenido de humedad de todas las piezas para el castillo 3 fue del 20%

Tabla 5.9: Distribución del contenido de humedad del castillo 3.

CONTENIDO DE HUMEDAD (%). CASTILLO 3, MADERA SOMETIDA A T2°C											
Fila \ Columna	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	14	14	14	13	14	14	15	15	14		
B	15	15	15	15	15	15	13	14	14	13	
C	14	15	15	14	15	15	15	14	15	14	
D	15	14	16	15	15	15	17	15	15	14	
E	14	16	15	15	15	17	15	16	15	14	
F	15	15	15	16	17	16	15	15	15	16	
G	16	19	16	18	19	17	16	16	15	15	14
H	16	17	20	20	21	19	18	15	16		
I	15	16	22	23	24	21	18	17	15	15	
J	16	17	16	22	22	22	25	20	16	15	18
K	19	15	18	22	19	18	16	15	16		
L	15	17	19	22	24	24	16	15			
M	15	15	20	21	20	21	17	15	15	16	
N	16	16	25	22	22	17	18	16	16		
O	16	19	27	25	21	18	17	15			
P	17	16	18	19	26	18	17	17	16	16	
Q	20	21	19	28	20	20	15	16			
R	17	19	18		18	26	19	26	20	16	16
S	17	15	15	16	17	28	18	17	15	15	15
T	16	18	21	28	23		17	18	16	16	
U	17	20	19	20	21	22	26	17	16		
V	15	17	22	16	15	20	15	17	18	16	
W	15	17	16	16	18	17	18	47	16	16	
X	16	18	17	25	27	21	18	16			
Y	14	16	25	23	28	25		17	15		
Z	15	21	17	23	31	17	19	14	15	16	
AA	16	16	17	21	24	28	26	22	16		
AB	16	18	19	25	25	27	33	19	22	15	
AC	16	16	23	44	26	21	25	32	29	20	19
AD	17	22	28	33	32	25	32	27	26	21	
AE		19	24	24	30	36	38	26	34	23	
AF	22	34	34	38	47	40	49	29	29		
AG	16	23	37	37	56	38		41	28	16	
AH	18	24	29	31	28	29	20	17	15		
AI	17	18	19	18	20	21	18	16			

Se puede observar que el castillo que registro un menor contenido de humedad y el más estable fue el castillo 2, donde la madera aserrada fue sometida a un tratamiento de temperatura T1.

5.6 Grietas internas y grietas superficiales

En las tablas 5.10 a 5.13 se muestran los porcentajes de grietas superficiales y grietas internas separados según espesor y tratamientos de trozas.

En la tabla 5.10 se observan las grietas en piezas de 1” de espesor, cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento. Se observa que los menores porcentajes de grietas internas en madera radial y tangencial se tuvieron en el tratamiento de piezas T1 t2. Además, las piezas fueron más propensas a sufrir grietas internas que grietas superficiales.

Tabla 5.10 Porcentaje de grietas en piezas de madera de 1” de espesor sometidas a tratamiento de trozas.

CORTE		CONTROL	T1 t1	T1 t2	T2 t1	T2 t2
RADIAL	n	19	8	12	9	13
	Grietas Internas	53%	38%	17%	44%	38%
	Grietas Superficiales	21%	50%	33%	22%	0%
TANGENCIAL	n	16	16	16	7	13
	Grietas Internas	50%	38%	25%	29%	69%
	Grietas Superficiales	44%	31%	25%	14%	54%
MIXTO	n	1	0	1	2	1
	Grietas Internas	0%		100%	0%	0%
	Grietas Superficiales	0%		100%	0%	0%

En la tabla 5.11 se observan las grietas en piezas de 1” de espesor cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento. Se observa que los menores porcentajes de grietas internas en madera radial se registró en la madera sometida al tratamiento T1 t2, y el menor porcentaje de grietas internas para madera tangencial se tuvo en la madera sometida al tratamiento T2 t1. Además, las piezas fueron más propensas a sufrir grietas internas que grietas superficiales. Comparando la tabla 5,7 y 5,8 se observa que el tratamiento de trozas tuvo un efecto positivo sobre las grietas internas y superficiales, generando una disminución de éstas en la madera aserrada de 1” de espesor.

Tabla 5.11 Porcentaje de grietas en piezas de madera de 1” de espesor sin tratamiento de trozas.

CORTE		CONTROL	T1 t1	T1 t2	T2 t1	T2 t2
RADIAL	n	40	17	13	13	22
	Grietas Internas	68%	35%	23%	31%	41%
	Grietas Superficiales	45%	29%	23%	15%	14%
TANGENCIAL	n	11	8	12	11	11
	Grietas Internas	73%	50%	58%	45%	64%
	Grietas Superficiales	55%	13%	58%	36%	73%
MIXTO	n	11	4	9	9	9
	Grietas Internas	55%	25%	56%	22%	22%
	Grietas Superficiales	45%	0%	33%	11%	0%

En la tabla 5.12 se observan las grietas en piezas de 2” de espesor, cuando las trozas fueron sometidas a tratamiento. Se puede ver que los menores porcentajes de grietas internas en madera radial se tuvo en la madera sometida al tratamiento T1 t2, y el menor porcentaje de grietas internas madera tangencial se tuvo en la madera sometida al tratamiento T2 t2. Además, en todos los tipos de corte la madera es más propensa a sufrir grietas internas que grietas superficiales.

Tabla 5.12 Porcentaje de grietas en piezas de madera de 2” de espesor sometidas a tratamiento de trozas.

CORTE		CONTROL	T1 t1	T1 t2	T2 t1	T2 t2
RADIAL	n	47	28	23	12	9
	Grietas Internas	77%	50%	48%	50%	67%
	Grietas Superficiales	55%	36%	39%	8%	11%
TANGENCIAL	n	10	5	6	2	4
	Grietas Internas	60%	60%	50%	100%	25%
	Grietas Superficiales	50%	40%	17%	0%	25%
MIXTO	n	42	21	24	30	30
	Grietas Internas	50%	52%	42%	43%	53%
	Grietas Superficiales	21%	19%	50%	17%	23%

En la tabla 5.13 se observan las grietas en piezas de 2” de espesor, cuando las trozas no fueron sometidas a tratamiento. Se puede ver que los menores porcentajes de grietas internas en madera radial se tuvo en la madera sometida al tratamiento T1 t2, y el menor porcentaje de grietas internas madera tangencial se tuvo en la madera sometida al tratamiento T1 t1. En todos los tipos de corte la madera es más propensa a sufrir grietas internas que grietas superficiales. El tratamiento de trozas tuvo un efecto positivo sobre las grietas internas y superficiales, disminuyendo el porcentaje de presencia de grietas en la madera aserrada de 1 y 2” de espesor.

Tabla 5.13 Porcentaje de grietas en piezas de madera de 2” de espesor sin tratamiento de trozas.

CORTE		CONTROL	T1 t1	T1 t2	T2 t1	T2 t2
RADIAL	n	36	32	23	25	23
	Grietas Internas	64%	53%	39%	60%	65%
	Grietas Superficiales	44%	16%	22%	16%	22%
TANGENCIAL	n	10	3	1	5	5
	Grietas Internas	80%	67%	100%	80%	80%
	Grietas Superficiales	60%	33%	0%	60%	80%
MIXTO	n	36	3	29	36	27
	Grietas Internas	69%	67%	52%	64%	70%
	Grietas Superficiales	36%	33%	24%	25%	37%

Se pudo ver que las piezas aserradas de *Eucalyptus nitens* son más propensas a presentar grietas internas que grietas superficiales y ambas se presentan con mayor frecuencia en las piezas con corte tangencial que radial lo que concuerda con un estudio realizado por Rozas (2005), donde señala que la madera tangencial presenta un mayor porcentaje de grietas respecto a la madera radial. Sin embargo, en el estudio realizado por Rozas (2005), se muestra una tendencia de que las piezas son más propensas a sufrir grietas superficiales que grietas internas lo que se contrapone a los resultados obtenidos en éste estudio.

6. CONCLUSION.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que el tratamiento de trozas causó una disminución de la arqueadura, encorvadura, colapso, contenido de humedad, tensiones de secado y gradiente de humedad.

El colapso después del secado presentó sus mayores niveles de defecto en las piezas de corte radial. El tratamiento de trozas y el tratamiento de piezas disminuyeron notablemente el colapso de las piezas.

La madera aserrada de corte tangencial fue limitada principalmente por el defecto de arqueadura. El tratamiento de trozas tuvo un efecto positivo sobre la arqueadura, disminuyendo éste defecto en la madera aserrada, sin embargo, tendió a aumentar el defecto de encorvadura.

La torcedura fue el defecto con los mayores valores de alabeos y el con menor porcentaje de piezas aceptables según la NCh 993. el tratamiento de trozas se comportó de forma aleatoria sin mostrar una tendencia a aumentar o disminuir el defecto de torcedura. Los tratamientos de piezas lograron disminuir la torcedura, sobre todo en las piezas tratadas a temperatura T2.

La encorvadura afectó en mayor grado a las piezas de corte radial que las piezas de corte tangencial. El tratamiento de trozas tendió a disminuir el defecto de encorvadura sin embargo el tratamiento de piezas no generó variación significativa de éstas.

La acanaladura presentó mayores valores en las piezas de corte tangencial que radial. Las trozas que fueron sometidas a tratamiento generaron un aumento en el defecto de acanaladura, no obstante, los tratamientos de piezas causaron una disminución importante en la acanaladura.

El tratamiento térmico realizado tanto a las trozas como a la madera aserrada, generó una disminución de las tensiones en la madera aserrada de *Eucalyptus nitens*, lo que se vio reflejado en una disminución de los alabeos de la madera. Además, provoca un ablandamiento de las trozas lo que hace más fácil el aserrado de éstas.

Las trozas que fueron sometidas a tratamiento disminuyeron las tensiones de secado y los gradientes de humedad de la madera aserrada. Del mismo modo, el tratamiento de piezas disminuyó fuertemente las tensiones de secado y los gradientes de humedad en la madera aserradas.

Ambas temperaturas de tratamientos de piezas (T1 y T2), mejoraron los contenidos de humedad respecto a la madera aserrada de control, sobresaliendo las piezas sometidas a temperatura T1 donde el valor promedio del contenido de humedad fue del 18%.

Las piezas de *Eucalyptus nitens* son más propensas a sufrir defectos de grietas internas que grietas superficiales. Aproximadamente un 53% de las piezas fue afectada por grietas internas y 33% por grietas superficiales. El tratamiento de la madera aserrada T1 t2, presentó una tendencia a disminuir las grietas internas generadas en la madera de *Eucalyptus nitens*, alcanzando un valor mínimo de presencia de grietas internas del 17%, en la madera aserrada de 1” sometida a tratamiento de trozas.

En cuanto a la velocidad de secado, se pudo ver que el tratamiento de madera aserrada T2 t2 provocó la mayor velocidad de secado en la madera de 1 y 2” de espesor sometidas a tratamiento de trozas, con una velocidad de secado de $0,64 \left[\frac{\%}{\text{día}} \right]$ y $0,88 \left[\frac{\%}{\text{día}} \right]$, respectivamente. Cuando la madera aserrada no fue sometida a tratamiento de trozas, la mayor velocidad de secado en la madera de 1 y 2” de espesor, se registró en el tratamiento de madera aserrada sometida al tratamiento T2 t1, con una velocidad de secado de $0,47 \left[\frac{\%}{\text{día}} \right]$ y $0,32 \left[\frac{\%}{\text{día}} \right]$, respectivamente. Al comparar estos resultados con los obtenidos en la literatura cuyo título es Estudio comparativo del proceso de secado de *Eucalyptus grandis* en dos secadores solares ubicados en diferentes zonas y un secado natural a la intemperie durante el invierno (De Castro, Cárdenas, Venturino y Ono, 2008), la velocidad de secado a la intemperie alcanzó los $1,03 \left[\frac{\%}{\text{día}} \right]$, lo que se puede deber a la diferencia de especie del *Eucalyptus* o al bajo flujo de aire presente en el PTM durante el secado.

Si bien tanto el macerado de la madera aserrada como los tratamientos térmicos aplicados a la madera aserrada reflejaron una disminución de los defectos producidos por el secado, no hubo un tratamiento único capaz de disminuir todos los defectos.

7. BIBLIOGRAFIA.

- Alcobá, R. (2009). Desarrollo de un programa de secado convencional para la madera de Teca (*Tectona grandis* Lin. f.), a escala de laboratorio. Obtenido el 28 de octubre del 2016 desde: <http://www.posgradosfor.umss.edu.bo/boletin/umss/05%20PASANTIAS/2%20pasantia.pdf>
- Arango, A. (1998). Secado de la madera. Centro nacional de la madera SENA. Medellín, Colombia.
- BOLFOR. (1998). Guía para el secado de la madera en hornos. Proyecto de manejo forestal sostenible. Santa Cruz, Bolivia. pp 10-39.
- Booker, R. (1994). Internal checking and collapse which comes first? NZ Forest Research Institute. 4th IUFRO International Wood Drying Conference, pp. 133-140.
- Booker, R. & Haslett, A. (2001). Acoustic emission study of within-ring internal checking in radiata pine. 12th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood 6(3). pp 1-7.
- Burgos, R. (2009). Estudio preliminar sobre el efecto de la inmersión en agua sobre la liberación de las tensiones de crecimiento en trozas de *Eucalyptus nitens*. Proyecto de título de Ingeniero Civil en Industrias Forestales, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.
- Del Menezzi, C., Nahuz, M. y Souza, M. (1998). Consecuencias de las tensiones de crecimiento en la producción de madera aserrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y de *E. cloeziana* F. Muell. Primer Congreso Latinoamericano de IUFRO. Valdivia. Chile.
- Grosse, H. y Rosselot, F. (2016). La potencialidad de nuevas plantaciones forestales en Chile. Ciencia e Investigación Forestal INFOR Chile, Vol. 22, pp. 77-89. Obtenido de <http://biblioteca.infor.cl/DataFiles/31547.pdf>
- Hart, C. (1964). Principles of moisture movement in wood. Forest Products Journal. 14 (5): 207-214.
- INFOR (2004). *Eucalyptus nitens* en Chile: Economía y mercado. Chile, pp. 1-34. Obtenido de <http://biblioteca.infor.cl/datafiles/15439.pdf>
- INFOR (2006). Boletín de precios forestales 2006. Chile. Obtenido de <http://biblioteca.infor.cl/datafiles/25936-2.pdf>
- INN. (1972). Norma Chilena Oficial 993, NCh 993 of 72. Procedimientos y criterios de evaluación para clasificación. Santiago. Chile.

- INN. (1986). Norma Chilena Oficial 176. NCh 176/1. Determinación del contenido de humedad de la madera. Primera Edición. Santiago. Chile.
- Klitzke, R. (2005). Curso de secagem da madeira, Universidade Federal Do Paraná, Brasil.
- Miller, W. & Simpson, I. (1992). Collapse associated internal checking in radiata pine. 3rd IUFRO International Wood Drying Conference, pp. 298-398.
- Navarrete, P. y Vergara, C. (1999). Estudio del uso industrial del Eucalyptus nitens. Proyecto de título de Ingeniero Civil en Industrias Forestales, Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.
- Nicholls, J. & Pederick, L. (1979). Variation in some Wood characteristics in Eucalyptus nitens. Australia. Vol. 9, pp. 304-321.
- Pang, S. (1996). External heat and mass transfer coefficients for kiln drying of timber. Drying Technology. 14 (3), pp. 859-871.
- Peredo, M., Juacida, R. e Inzunza, L. (1985). Curso de capacitación en secado de maderas. Valdivia, Universidad Austral de Chile. p 56.
- Perez, V. (1983). Características Físicas y Mecánicas de Eucalyptus Fastigata, Eucalyptus nitens y Pinus muricata Crecidos en Chile. Informe Técnico N°97, División Industrial, Instituto Forestal, Chile.
- Rozas, C. (1993). Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para a utilizacao de madeira serrada de Eucalyptus Grandis (Hill Ex Maiden) na geracao de productos com maior valor agregado. Memoria de maestría en ciencias, maestría en el post-grado en el sector forestal de Ciencias Agrarias. Universidad Federal de Paraná. Curitiba, Brasil, pp. 5-53.
- Rozas, C., Sánchez, R. y Pinedo, P. (2005). Secado de Eucalyptus Nitens y Globulus y su aprovechamiento en blocks, pisos y muebles. Maderas. Ciencia y Tecnología Vol.7 N°2. Universidad del Bio bio, Concepcion, Chile. pp. 109-120.
- Schaitza, E. & Pereira, J. (1997). Tensões de crescimento em Eucalyptus spp. En: Curso sobre procesamiento mecanico de la madera de eucalipto. Embrapacetmam. Curitiba, Brasil. p 16.
- Sepulveda, C., Juacida, R. e Inzunza, L. (2007). Aplicación de un programa de secado convencional en base a pérdida de humedad para madera de Aromo australiano (Acacia melanoxylon R. Brown). Universidad Austral, Valdivia, Chile. pp 4-7. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifs315a/doc/fifs315a.pdf>

- Stamm, A. (1964). Wood and Cellulose Science. New York: Ronald Press. p. 549.
- Touza, M. (2001). Proyecto de investigación sobre sistemas de aserrado adecuado para procesar *Eucalyptus globulus* con tensiones de crecimiento. Proyecto FAIR CT 98-9579. Revista CISMadera n° 6. pp. 8-37.
- Tuset, R. y Durán, F. (1979). Manual de Maderas Comerciales, Equipos y Procesos de Utilización. Ed. Hemisferio Sur. p. 668.
- Vargas, J. (1987). Anatomía y tecnología de la madera. Manual del Técnico Forestal. Cbba-BO, Escuela Técnica Superior Forestal - Cooperación Técnica Alemana. p. 119.
- Welling, J. (1994). Drying quality assessment and specification a challenge for the future. 4th IUFRO International Wood Drying Conference, Rotorua, New Zealand. pp. 297-304.

ANEXOS

ANEXO N°1: Desviaciones estándar de los alabeos, tensiones de secado y gradientes de humedad.

DESVIACIÓN ESTANDAR COLAPSOS					
TRATAMIENTO	CORTE	Media Trozas con tratamiento [mm]	Media trozas sin tratamiento [mm]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]
1" EDAD A T1 t1	RD	1,8	1,86	0,7	1,64
	TG	1,36	2,07	0,69	1,32
1" EDAD A T1 t2	RD	1,14	1,79	0,29	0,73
	TG	1,5	3,01	0,5	1,45
1" EDAD A T2 t1	RD	1,64	2,67	0,57	1,14
	TG	1,13	1,25	0,27	0,05
1" EDAD A T2 t2	RD	2,12	1,70	1	0,32
	TG	1,42	1,42	1,04	0,97
1" EDAD A CONTROL	RD	3,01	3,31	1,03	0,97
	TG	1,04	2,02	1,54	2,48
2" EDAD A T1 t1	MX	2,29	2,38	1,05	1,17
	RD	2,09	2,68	1,49	1,1
	TG	1,38		1,04	
2" EDAD A T1 t2	MX	1,95	3,18	0,75	1,33
	RD	1,87	2,84	0,72	1,25
	TG	2,23		1,1	
2" EDAD A T2 t1	MX	1,74	2,15	0,64	0,52
	RD	2,10	2,41	0,59	0,84
2" EDAD A T2 t2	MX	1,94	2,12	1,04	0,55
	RD	1,99	2,41	0,48	1,17
2" EDAD A CONTROL	MX	2,84	3,39	1,41	1,2
	RD	2,64	2,43	1,47	1,24
	TG		3,22		0,87
1" EDAD B T1 t1	RD	1,49	1,83	1,54	1,39
	TG	0,68	0,72	0,59	0,59
1" EDAD B T1 t2	RD	1,00	2,31	0,65	0,99
	TG	0,39	1,46	0,54	0,74
	MX		2,07		1,02
1" EDAD B T2 t1	RD		1,51		0,49
	TG	0,74	0,95	0,48	0,46
	MX		1,98		0,89
1" EDAD B T2 t2	RD	1,23	2,02	0,87	1,27
	TG	1,30	1,21	0,81	0,57

TRATAMIENTO	CORTE	Media Trozas con tratamiento [mm]	Media trozas sin tratamiento [mm]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]
1" EDAD B CONTROL	RD	2,21	3,39	1,49	1,45
	TG	0,21	0,90	0,55	2,47
	MX		2,07		1,14
2" EDAD B T1 t1	MX	1,58	2,19	1,05	0,92
	RD	2,13	2,49	0,99	1,82
2" EDAD B T1 t2	MX	1,65	3,38	1,27	2,02
	RD	1,68	4,61	1,07	2,49
	TG	1,80		0,35	
2" EDAD B T2 t1	MX	2,14	1,76	1,22	0,72
	RD	1,77	1,97	1,05	0,86
	TG		1,35		0,2
2" EDAD B T2 t2	MX	1,35	1,71	0,55	0,68
	RD	1,35	1,63	0,8	0,6
	TG	0,82	1,40	0,16	0,46
2" EDAD B CONTROL	MX	2,10	3,04	2,18	2,11
	RD	3,35	3,54	2,47	1,94
	TG	3,33	2,96	2,12	1,79

DESVIACION ESTANDAR ARQUEADURAS					
TRATAMIENTO	CORTE	MEDIA TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	MEDIA TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]
1" EDAD A T1 t1	RD	4,53	3,39	1,53	2,21
	TG	5,85	4,94	3,02	1,35
1" EDAD A T1 t2	RD	4,58	3,66	0,45	2,79
	TG	5,37	4,82	3,84	2,54
1" EDAD A T2 t1	RD	4,64	5,93	1,78	3,49
	TG	3,11	6,62	1,18	0,36
1" EDAD A T2 t2	RD	4,31	5,04	1,3	2,57
	TG	4,54	5,84	1,51	3,12
1" EDAD A CONTROL	RD	3,54	3,57	1,34	1,64
	TG	3,56	4,93	1,2	1,99
2" EDAD A T1 t1	MX	7,27	4,15	3,76	2,01
	RD	3,95	3,19	1,42	1,88
	TG	3,87		1,47	
2" EDAD A T1 t2	MX	4,63	6,57	1,59	2,32
	RD	3,56	3,29	1,32	1,02
	TG	8,16		2,87	

TRATAMIENTO	CORTE	MEDIA TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	MEDIA TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]
2" EDAD A T2 t1	MX	6,34	4,61	2,16	2,6
	RD	4,67	5,61	1,1	1,58
2" EDAD A T2 t2	MX	4,92	5,16	1,71	3,2
2" EDAD A CONTROL	MX	4,10	3,16	1,21	1,71
	RD	3,40	2,94	1,46	1,04
	TG		4,65		1,7
1" EDAD B T1 t1	RD	3,36	2,86	1,08	1,43
	TG	3,61	3,35	1,5	1,74
1" EDAD B T1 t2	MX		5,01		2,5
	RD	3,10	5,77	1,34	1,82
	TG	2,50	5,21	1,03	2,43
1" EDAD B T2 t1	MX		5,95		1,93
	RD		3,32		0,8
	TG	6,03	7,25	2,05	3,67
1" EDAD B T2 t2	MX		3,96		1,47
	RD	3,21	5,87	1,18	3,06
	TG	3,92	8,10	1,77	7,29
1" EDAD B CONTROL	MX		5,05		2,89
	RD	3,05	2,58	1,15	1,2
	TG	3,01	4,89	1,01	3,46
2" EDAD B T1 t1	MX	4,66	4,66	1,51	1,69
	RD	4,73	3,38	2,96	2,06
2" EDAD B T1 t2	MX	4,30	5,29	1,62	2,27
	RD	3,75	5,14	1,75	2,87
	TG	6,71		3,65	
2" EDAD B T2 t1	MX	6,02	5,53	2,65	2,34
	RD	4,85	4,87	1,13	1,55
	TG		3,93		1,28
2" EDAD B T2 t2	MX	4,86	5,05	1,41	1,89
	RD	4,11	5,63	2,18	3,27
	TG	5,69	6,63	1,91	1,91
2" EDAD B CONTROL	MX	3,79	3,04	1,33	1,64
	RD	4,02	2,50	1,83	1,34
	TG	3,65	4,38	1,24	2,63

DESVIACION ESTANDAR TORCEDURA					
TRATAMIENTO	CORTE	MEDIA TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	MEDIA TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]
1" EDAD A T1 t1	RD	14,31	19,98	7,63	12,44
	TG	22,56	8,16	9,12	7,11
1" EDAD A T1 t2	RD	12,57	22,57	6,26	20,15
	TG	16,84	15,59	9,55	7,4
1" EDAD A T2 t1	RD	11,27	14,55	7	7,51
	TG	13,10		5,48	1,51
1" EDAD A T2 t2	RD	9,97	11,91	6,4	7,74
	TG	9,12	23,22	6,62	29,28
1" EDAD A CONTROL	RD	17,59	15,48	7,4	11,28
	TG	15,49	18,29	10,58	5,96
2" EDAD A T1 t1	MX	21,32	14,26	9,35	7,67
	RD	19,10	16,86	7,61	9,7
	TG	14,07		5,41	
2" EDAD A T1 t2	MX	22,36	13,38	15,88	10
	RD	13,68	11,97	6,22	9,98
	TG	23,32		12,45	
2" EDAD A T2 t1	MX	8,01	13,08	5,88	10,98
	RD	13,31	15,51	6,54	10,15
2" EDAD A T2 t2	MX	7,39	14,66	5,05	8,64
	RD	6,21	11,08	4,72	7,85
2" EDAD A CONTROL	MX	11,68	13,52	5,83	10,55
	RD	12,21	15,65	6,8	10,66
	TG		14,34		9,4
1" EDAD B T1 t1	RD	17,89	10,30	11,32	7,65
	TG	16,06	10,06	14,66	4,68
1" EDAD B T1 t2	MX		18,02		6,98
	RD	18,32	10,71	8,01	1,81
	TG	13,13	22,82	5,95	8,56
1" EDAD B T2 t1	MX		7,55		4,45
	RD		8,26		2,5
	TG	7,78	5,30	4,27	3,57
1" EDAD B T2 t2	MX		11,10		6,66
	RD	4,89	9,61	2,98	7,06
	TG	4,45	6,72	4,63	4,75
1" EDAD B CONTROL	MX		18,20		19,01
	RD	10,54	7,39	10,82	5,61
	TG	16,99	18,90	11,94	17,3

TRATAMIENTO	CORTE	MEDIA TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	MEDIA TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]
2" EDAD B T1 t1	RD	18,22	9,91	9,38	6,19
2" EDAD B T1 t2	MX	16,14	6,26	7,44	4,97
	RD	13,39	9,89	7,48	7,02
	TG	33,46		8	
2" EDAD B T2 t1	MX	7,98	7,41	5,35	3,88
	RD	6,74	8,04	6,43	4,66
	TG		6,05		5,45
2" EDAD B T2 t2	MX	6,14	4,73	4,51	2,81
	RD	13,27	5,29	7,28	5
	TG	4,29	3,99	6,01	0,81
2" EDAD B CONTROL	MX	10,50	12,81	6,61	9,45
	RD	11,58	6,91	5,5	4,97
	TG	13,44	14,82	6,35	15,5

DESVIACION ESTANDAR ENCORVADURA					
TRATAMIENTO	CORTE	MEDIA TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	MEDIA TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]
1" EDAD A T1 t1	RD	2,49	6,55	0,81	3,2
	TG	3,08	2,36	0,82	1,5
1" EDAD A T1 t2	RD	4,47	7,61	0,87	4,66
	TG	4,50	3,61	3,08	1,95
1" EDAD A T2 t1	RD	7,27	8,55	3,77	4,8
	TG	1,54		0,82	0,73
1" EDAD A T2 t2	RD	6,52	10,29	3,15	2,87
	TG	4,76	5,81	3,88	4,38
1" EDAD A CONTROL	RD	5,68	6,03	2,55	3,38
	TG	3,80	2,99	5,86	1,48
2" EDAD A T1 t1	MX	5,24	3,47	2,37	1,72
	RD	8,80	7,66	5,33	4,49
	TG	3,36		0,91	
2" EDAD A T1 t2	MX	6,13	6,30	4,07	4,58
	RD	5,34	6,38	1,95	3,41
	TG	3,62		0,8	
2" EDAD A T2 t1	MX	5,59	6,01	2,05	2,32
	RD	7,61	9,79	0,46	4,06
2" EDAD A T2 t2	MX	6,94	4,90	3,63	3,08
	RD	8,36	7,20	3,03	2,43

TRATAMIENTO	CORTE	MEDIA TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	MEDIA TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]
2" EDAD A CONTROL	RD	3,70	3,80	3,6	2,28
	TG		4,95		3,94
1" EDAD B T1 t1	RD	3,74	4,35	2,18	2,54
	TG	2,01	2,30	0,79	1,6
1" EDAD B T1 t2	MX		7,55		3,43
	RD	5,71	5,54	2,58	4,42
	TG	3,41	4,04	2,98	2,26
1" EDAD B T2 t1	MX		6,01		1,93
	RD		9,40		2,75
	TG	3,83	5,35	1,02	3,81
1" EDAD B T2 t2	MX		4,30		1,8
	RD	3,94	8,13	3,12	2,89
	TG	4,01	2,63	3,14	1,8
1" EDAD B CONTROL	MX		4,73		2,05
	RD	3,92	4,31	1,43	2,5
	TG	2,29	2,38	1,15	0,79
2" EDAD B T1 t1	MX	5,42	4,19	2,02	2,23
	RD	7,48	4,91	4,7	3,36
2" EDAD B T1 t2	MX	4,76	5,04	3,15	3,38
	RD	4,85	4,89	2,87	2,15
	TG	5,80		0,14	
2" EDAD B T2 t1	MX	6,08	5,42	2,31	2,12
	RD	8,57	7,55	3,53	2,45
	TG		4,38		0,69
2" EDAD B T2 t2	MX	5,53	4,58	3,51	1,88
	RD	4,77	7,34	2,61	4,02
	TG	6,91	4,03	1,6	2,13
2" EDAD B CONTROL	MX	4,61	4,15	2,69	2,65
	RD	4,65	4,10	2,74	1,96
	TG	4,46	3,59	3,35	2,53

DESVIACION ESTANDAR ACANALADURA					
TRATAMIENTO	CORTE	MEDIA TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	MEDIA TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]
1" EDAD A T1 t1	RD	3,57	2,40	2,12	0,81
	TG	3,75	3,89	1,74	3,43
1" EDAD A T1 t2	RD	2,91	3,58	0,62	1,53
	TG	6,20	3,49	2,49	1,18
1" EDAD A T2 t1	RD	2,13	4,05	1,28	3,66
	TG	2,19		0,98	0,6
1" EDAD A T2 t2	RD	3,45	1,86	1,81	0,81
	TG	4,06	5,06	2,71	2,94
1" EDAD A CONTROL	RD	5,39	4,86	2,49	1,96
	TG	6,15	6,60	1,92	2,78
2" EDAD A T1 t1	MX	3,00	3,34	1,35	2,09
	RD	3,40	3,30	2	1,92
	TG	2,50		1,77	
2" EDAD A T1 t2	MX	4,67	4,45	1,42	4,03
	RD	4,40	3,25	1,82	2,2
	TG	3,12		1,67	
2" EDAD A T2 t1	MX	3,10	3,30	0,73	2,54
	RD	3,84	2,36	2,12	1,18
2" EDAD A T2 t2	MX	2,85	3,94	0,76	1,92
	RD	3,08	3,03	1,42	1,32
2" EDAD A CONTROL	MX	5,78	5,88	2,89	2,57
	RD	6,63	6,29	3,11	3,16
	TG		7,23		3,16
1" EDAD B T1 t1	RD	2,18	2,32	1,06	0,77
	TG	4,08	2,77	1,29	1,65
1" EDAD B T1 t2	MX		3,23		1,63
	RD	3,07	2,57	0,92	0,96
	TG	6,83	7,72	4,08	2,66
1" EDAD B T2 t1	MX		2,54		1,57
	RD		2,44		0,78
	TG	3,45	6,03	0,99	3,76
1" EDAD B T2 t2	MX		2,30		0,89
	RD	2,60	2,65	1,55	1,15
	TG	5,63	4,08	2,94	1,09
2" EDAD B T1 t2	MX	4,42	3,20	2,81	1,66
	RD	3,90	3,97	1,84	2,06
	TG	4,34		2,13	

TRATAMIENTO	CORTE	MEDIA TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	MEDIA TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]
2" EDAD B T2 t1	MX	3,02	3,48	1,84	2,12
	RD	2,73	2,71	1,28	1,81
	TG		4,51		0,52
2" EDAD B T2 t2	MX	2,48	3,03	1,23	1,55
	RD	3,92	2,81	0,07	1,17
	TG	1,61	2,89	0,69	1,85
2" EDAD B CONTROL	MX	5,96	6,17	3,44	2,52
	RD	6,84	5,94	4,33	2,76
	TG	6,97	6,04	3,79	2,69

DESVIACION ESTANDAR TENSION DE SECADO				
TRATAMIENTO	MEDIA TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	MEDIA TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [mm]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [mm]
1" EDAD A T1 t1	2,00	1,19	1,38	0,95
1" EDAD A T1 t2	2,15	2,67	1,6	4,23
1" EDAD A T2 t1	1,08	0,80	0,77	0,63
1" EDAD A T2 t2	1,13	0,76	1,04	0,85
1" EDAD A CONTROL	2,63	3,38	1,72	2,59
2" EDAD A T1 t1	1,13	2,01	0,89	2,07
2" EDAD A T1 t2	2,42	1,56	2,75	1,07
2" EDAD A T2 t1	0,81	3,43	0,49	11,86
2" EDAD A T2 t2	1,34	1,18	0,8	1,19
2" EDAD A CONTROL	4,72	4,95	2,94	3,41
1" EDAD B T1 t1	1,47	1,14	0,85	0,72
1" EDAD B T1 t2	1,04	0,97	1,33	1,15
1" EDAD B T2 t1	1,07	0,89	0,73	1,04
1" EDAD B T2 t2	0,78	0,89	0,51	0,73
1" EDAD B CONTROL	3,51	3,37	2,27	2,04
2" EDAD B T1 t1	1,40	1,59	2,34	1,05
2" EDAD B T1 t2	1,17	2,35	1,25	4,87
2" EDAD B T2 t1	0,72	1,11	0,47	0,98
2" EDAD B T2 t2	1,40	1,42	0,92	1,49
2" EDAD B CONTROL	4,63	5,30	2,19	2,97

DESVIACION ESTANDAR GRADIENTE DE HUMEDAD				
TRATAMIENTO	MEDIA TROZAS CON TRATAMIENTO [%]	MEDIA TROZAS SIN TRATAMIENTO [%]	DESVIACIÓN ESTANDAR TROZAS CON TRATAMIENTO [%]	DESVIACION ESTANDAR TROZAS SIN TRATAMIENTO [%]
1" EDAD A T1 t1	0,006	0,004	0,004	0,004
1" EDAD A T1 t2	0,008	0,004	0,0056	0,0035
1" EDAD A T2 t1	0,004	0,005	0,0035	0,0055
1" EDAD A T2 t2	0,006	0,008	0,0042	0,0203
1" EDAD A CONTROL	0,036	0,043	0,0418	0,0519
2" EDAD A T1 t1	0,004	0,026	0,0027	0,0302
2" EDAD A T1 t2	0,015	0,055	0,0282	0,053
2" EDAD A T2 t1	0,028	0,044	0,0354	0,0515
2" EDAD A T2 t2	0,023	0,054	0,0404	0,0594
2" EDAD A CONTROL	0,121	0,144	0,0732	0,0887
1" EDAD B T1 t1	0,005	0,008	0,0038	0,0085
1" EDAD B T1 t2	0,009	0,005	0,0099	0,004
1" EDAD B T2 t1	0,017	0,005	0,03	0,0052
1" EDAD B T2 t2	0,014	0,004	0,0178	0,0029
1" EDAD B CONTROL	0,026	0,052	0,0286	0,0545
2" EDAD B T1 t1	0,005	0,040	0,0029	0,0508
2" EDAD B T1 t2	0,010	0,033	0,0094	0,046
2" EDAD B T2 t1	0,007	0,021	0,0183	0,0329
2" EDAD B T2 t2	0,019	0,048	0,0293	0,0479
2" EDAD B CONTROL	0,046	0,132	0,0478	0,0713

ANEXO N°2: Aumento o disminución de alabeos según el tratamiento térmico de las trozas.

PORCENTAJE DE AUMENTO O DISMINUCIÓN DE LOS ALABEOS, SEGÚN EL TRATAMIENTO DE TROZAS					
TIPO DE ALABEO	TRATAMIENTO	CORTE	CON TRATAMIENTO	SIN TRATAMIENTO	% AUMENTO O DISMINUCIÓN
COLAPSO EDAD A, 1"	T1 t1	MX			
		RD	1,8	1,86	3%
		TG	1,36	2,07	34%
	T1 t2	MX			
		RD	1,14	1,79	36%
		TG	1,5	3,01	50%
	T2 t1	MX			
		RD	1,64	2,67	39%
		TG	1,13	1,25	10%
	T2 t2	MX			
		RD	2,12	1,70	-24%
		TG	1,42	1,42	0%
	CONTROL	MX			
		RD	3,01	3,31	9%
		TG	1,04	2,02	48%
COLAPSO EDAD A, 2"	T1 t1	MX	2,29	2,38	4%
		RD	2,09	2,68	22%
		TG	1,38		
	T1 t2	MX	1,95	3,18	39%
		RD	1,87	2,84	34%
		TG	2,23		
	T2 t1	MX	1,74	2,15	19%
		RD	2,10	2,41	13%
		TG			
	T2 t2	MX	1,94	2,12	8%
		RD	1,99	2,41	17%
		TG			
	CONTROL	MX	2,84	3,39	16%
		RD	2,64	2,43	-9%
		TG		3,22	
COLAPSO EDAD B, 1"	T1 t1	MX			
		RD	1,49	1,83	19%
		TG	0,68	0,72	7%
	T1 t2	MX		2,07	
		RD	1,00	2,31	57%
		TG	0,39	1,46	74%

	T2 t1	MX		1,98	
		RD		1,51	
		TG	0,74	0,95	23%
	T2 t2	MX		1,29	
		RD	1,23	2,02	39%
		TG	1,30	1,21	-7%
	CONTROL	MX		2,07	
		RD	2,21	3,39	35%
		TG	0,21	0,90	77%
COLAPSO EDAD B, 2"	T1 t1	MX	1,58	2,19	28%
		RD	2,13	2,49	15%
		TG			
	T1 t2	MX	1,65	3,38	51%
		RD	1,68	4,61	64%
		TG	1,80		
	T2 t1	MX	2,14	1,76	-22%
		RD	1,77	1,97	10%
		TG		1,35	
	T2 t2	MX	1,35	1,71	21%
		RD	1,35	1,63	17%
		TG	0,82	1,40	41%
	CONTROL	MX	2,10	3,04	31%
		RD	3,35	3,54	5%
		TG	3,33	2,96	-12%
ARQUEADURA EDAD A, 1"	T1 t1	MX			
		RD	4,53	3,39	-34%
		TG	5,85	4,94	-18%
	T1 t2	MX			
		RD	4,58	3,66	-25%
		TG	5,37	4,82	-11%
	T2 t1	MX			
		RD	4,64	5,93	22%
		TG	3,11	6,62	53%
	T2 t2	MX			
		RD	4,31	5,04	15%
		TG	4,54	5,84	22%
	CONTROL	MX			
		RD	3,54	3,57	1%
		TG	3,56	4,93	28%
ARQUEADURA EDAD A, 2"	T1 t1	MX	7,27	4,15	-75%
		RD	3,95	3,19	-24%
		TG	3,87		

	T1 t2	MX	4,63	6,57	30%	
		RD	3,56	3,29	-8%	
		TG	8,16			
	T2 t1	MX	6,34	4,61	-37%	
		RD	4,67	5,61	17%	
		TG				
	T2 t2	MX	4,92	5,16	5%	
		RD	4,60	3,82	-20%	
		TG				
	CONTROL	MX	4,10	3,16	-30%	
		RD	3,40	2,94	-16%	
		TG		4,65		
ARQUEADURA EDAD B, 1"	T1 t1	MX				
		RD	3,36	2,86	-17%	
		TG	3,61	3,35	-8%	
	T1 t2	MX		5,01		
		RD	3,10	5,77	46%	
		TG	2,50	5,21	52%	
	T2 t1	MX		5,95		
		RD		3,32		
		TG	6,03	7,25	17%	
	T2 t2	MX		3,96		
		RD	3,21	5,87	45%	
		TG	3,92	8,10	52%	
	CONTROL	MX		5,05		
		RD	3,05	2,58	-18%	
		TG	3,01	4,89	38%	
	ARQUEADURA EDAD B, 2"	T1 t1	MX	4,66	4,66	0%
			RD	4,73	3,38	-40%
			TG			
T1 t2		MX	4,30	5,29	19%	
		RD	3,75	5,14	27%	
		TG	6,71			
T2 t1		MX	6,02	5,53	-9%	
		RD	4,85	4,87	0%	
		TG		3,93		
T2 t2		MX	4,86	5,05	4%	
		RD	4,11	5,63	27%	
		TG	5,69	6,63	14%	
CONTROL		MX	3,79	3,04	-25%	
		RD	4,02	2,50	-61%	
		TG	3,65	4,38	17%	

TORCEDURA EDAD A, 1"	T1 t1	MX			
		RD	14,31	19,98	28%
		TG	22,56	8,16	-176%
	T1 t2	MX			
		RD	12,57	22,57	44%
		TG	16,84	15,59	-8%
	T2 t1	MX			
		RD	11,27	14,55	23%
		TG	13,10		
	T2 t2	MX			
		RD	9,97	11,91	16%
		TG	9,12	23,22	61%
	CONTROL	MX			
		RD	17,59	15,48	-14%
		TG	15,49	18,29	15%
TORCEDURA EDAD A, 2"	T1 t1	MX	21,32	14,26	-50%
		RD	19,10	16,86	-13%
		TG	14,07		
	T1 t2	MX	22,36	13,38	-67%
		RD	13,68	11,97	-14%
		TG	23,32		
	T2 t1	MX	8,01	13,08	39%
		RD	13,31	15,51	14%
		TG			
	T2 t2	MX	7,39	14,66	50%
		RD	6,21	11,08	44%
		TG			
	CONTROL	MX	11,68	13,52	14%
		RD	12,21	15,65	22%
		TG		14,34	100%
TORCEDURA EDAD B, 1"	T1 t1	MX			
		RD	17,89	10,30	-74%
		TG	16,06	10,06	-60%
	T1 t2	MX		18,02	
		RD	18,32	10,71	-71%
		TG	13,13	22,82	42%
	T2 t1	MX		7,55	
		RD		8,26	
		TG	7,78	5,30	-47%
	T2 t2	MX		11,10	
		RD	4,89	9,61	49%
		TG	4,45	6,72	34%

	CONTROL	MX		18,20	
		RD	10,54	7,39	-43%
		TG	16,99	18,90	10%
TORCEDURA EDAD B, 2"	T1 t1	MX	17,97	13,87	-30%
		RD	18,22	9,91	-84%
		TG			
	T1 t2	MX	16,14	6,26	-158%
		RD	13,39	9,89	-35%
		TG	33,46		
	T2 t1	MX	7,98	7,41	-8%
		RD	6,74	8,04	16%
		TG		6,05	
	T2 t2	MX	6,14	4,73	-30%
		RD	13,27	5,29	-151%
		TG	4,29	3,99	-8%
	CONTROL	MX	10,50	12,81	18%
		RD	11,58	6,91	-67%
		TG	13,44	14,82	9%
ENCORVADURA EDAD A, 1"	T1 t1	MX			
		RD	2,49	6,55	62%
		TG	3,08	2,36	-30%
	T1 t2	MX			
		RD	4,47	7,61	41%
		TG	4,50	3,61	-25%
	T2 t1	MX			
		RD	7,27	8,55	15%
		TG	1,54		
	T2 t2	MX			
		RD	6,52	10,29	37%
		TG	4,76	5,81	18%
	CONTROL	MX			
		RD	5,68	6,03	6%
		TG	3,80	2,99	-27%
TORCEDURA EDAD A, 2"	T1 t1	MX	5,24	3,47	-51%
		RD	8,80	7,66	-15%
		TG	3,36		
	T1 t2	MX	6,13	6,30	3%
		RD	5,34	6,38	16%
		TG	3,62		
	T2 t1	MX	5,59	6,01	7%
		RD	7,61	9,79	22%
		TG			

	T2 t2	MX	6,94	4,90	-42%
		RD	8,36	7,20	-16%
		TG			
	CONTROL	MX	3,70	3,80	3%
		RD	5,22	4,95	-6%
		TG		7,27	
ENCORVADURA EDAD B, 1"	T1 t1	MX			
		RD	3,74	4,35	14%
		TG	2,01	2,30	13%
	T1 t2	MX		7,55	
		RD	5,71	5,54	-3%
		TG	3,41	4,04	16%
	T2 t1	MX		6,01	
		RD		9,40	
		TG	3,83	5,35	28%
	T2 t2	MX		4,30	
		RD	3,94	8,13	52%
		TG	4,01	2,63	-53%
	CONTROL	MX		4,73	
		RD	3,92	4,31	9%
		TG	2,29	2,38	4%
ENCORVADURA EDAD B, 2"	T1 t1	MX	5,42	4,19	-29%
		RD	7,48	4,91	-52%
		TG			
	T1 t2	MX	4,76	5,04	5%
		RD	4,85	4,89	1%
		TG	5,80		
	T2 t1	MX	6,08	5,42	-12%
		RD	8,57	7,55	-14%
		TG		4,38	
	T2 t2	MX	5,53	4,58	-21%
		RD	4,77	7,34	35%
		TG	6,91	4,03	-72%
	CONTROL	MX	4,61	4,15	-11%
		RD	4,65	4,10	-13%
		TG	4,46	3,59	-24%
ACANALADURA EDAD A, 1"	T1 t1	MX			
		RD	3,57	2,40	-49%
		TG	3,75	3,89	4%
	T1 t2	MX			
		RD	2,91	3,58	19%
		TG	6,20	3,49	-78%

	T2 t1	MX			
		RD	2,13	4,05	47%
		TG	2,19		
	T2 t2	MX			
		RD	3,45	1,86	-86%
		TG	4,06	5,06	20%
	CONTROL	MX			
		RD	5,39	4,86	-11%
		TG	6,15	6,60	7%
ACANALADURA EDAD A, 2"	T1 t1	MX	3,00	3,34	10%
		RD	3,40	3,30	-3%
		TG	2,50		
	T1 t2	MX	4,67	4,45	-5%
		RD	4,40	3,25	-35%
		TG	3,12		
	T2 t1	MX	3,10	3,30	6%
		RD	3,84	2,36	-63%
		TG			
	T2 t2	MX	2,85	3,94	28%
		RD	3,08	3,03	-2%
		TG			
	CONTROL	MX	5,78	5,88	2%
		RD	6,63	6,29	-5%
		TG		7,23	
ACANALADURA EDAD B, 1"	T1 t1	MX			
		RD	2,18	2,32	6%
		TG	4,08	2,77	-47%
	T1 t2	MX		3,23	
		RD	3,07	2,57	-20%
		TG	6,83	7,72	11%
	T2 t1	MX		2,54	
		RD		2,44	
		TG	3,45	6,03	43%
	T2 t2	MX		2,30	
		RD	2,60	2,65	2%
		TG	5,63	4,08	-38%
	CONTROL	MX		7,39	
		RD	4,19	4,51	7%
		TG	7,95	5,77	-38%
ACANALADURA EDAD B, 2"	T1 t1	MX	4,05	3,57	-14%
		RD	3,27	3,95	17%
		TG			

T1 t2	MX	4,42	3,20	-38%
	RD	3,90	3,97	2%
	TG	4,34		
T2 t1	MX	3,02	3,48	13%
	RD	2,73	2,71	-1%
	TG		4,51	
T2 t2	MX	2,48	3,03	18%
	RD	3,92	2,81	-39%
	TG	1,61	2,89	44%
CONTROL	MX	5,96	6,17	3%
	RD	6,84	5,94	-15%
	TG	6,97	6,04	-16%

ANEXO N°3: Descripción técnica de las máquinas

SIERRA HUINCHA CARRO



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MARCA	TURBINA
MOTOR	TRIFASICO
POTENCIA	40 HP
RPM MOTOR	1475
ANCHO DE CARA DE LOS VOLANTES	135MM
DIÁMETRO DE LOS VOLANTES	1 M
LARGO DE LA SIERRA HUINCHA	7200 MM
ESPEJOR DE LA SIERRA HUINCHA	150 MM
ALTURA DE CORTE	60 CM
MOTOR HUINCHE	10 HP
RPM HUINCHE	1465

SIERRA HUINCHA CARPINTERA



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MARCA	MINI MAX
MOTOR	TRIFASICO
POTENCIA	1,5 HP
RPM MOTOR	2780
DIAMETRO DE LOS VOLANTES	45 CM
LARGO DE LA SIERRA HUINCHA	3634 MM
ALTURA MAXIMA DE CORTE	20 CM
ANCHO SIERRA HUINCHA	5 A 20 MM
CORREA DE TRANSMISION	A-38