

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA
Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



**“Transformación mecánica y tecnología aplicada a la madera de Pino
Oregón (*Pseudotsuga menziesii*) en la provincia de Chubut”**

Mansilla Marcos Andrés

Tesis final de grado para la obtención del título de Ingeniero Forestal

Director: M. Sc. Gabriel Darío Keil
Profesor Titular Ordinario

Codirectora: Dra. Eleana Spavento
Profesora Adjunta Interina

-29 de Noviembre de 2018-

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS	6
MATERIALES Y METODOS	6
Área de estudio: relevamiento del mercado.....	6
Área de estudio: aprovechamiento y transformación mecánica.....	7
Proceso de aprovechamiento y abastecimiento	8
Clasificación-cubicación de rollizos: rendimiento y producción.....	8
Trabajos en patio de secado.....	10
Determinación de defectos y clasificación visual de la madera aserrada	10
Análisis de resultados.....	11
RESULTADO Y DISCUSIÓN	11
Área de estudio: relevamiento del mercado.....	11
Proceso de aprovechamiento, abastecimiento, clasificación-cubicación y transformación mecánica.....	14
Trabajo sobre el patio de secado.....	25
Determinación de defectos y clasificación visual de la madera aserrada	26
CONCLUSIÓN	30
RECOMENDACIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	32

RESUMEN

El pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco) es una de las coníferas de mayor valor de mercado local/regional patagónico. El objetivo de este trabajo fue analizar el proceso de transformación mecánica, la tecnología empleada, calidad y tipos de productos aserrados obtenidos de dicha madera, procesada en Trevelin, Chubut. Se analizó local y regionalmente su uso a través del relevamiento en carpinterías locales. Para el proceso de aprovechamiento se describieron los sistemas de cosecha forestal y abastecimiento del aserradero ubicado en el campo experimental INTA EEAf Esquel; asimismo se realizó una cubicación, clasificación, de acuerdo a longitud, diámetros y presencia de defectos, e identificación de rollizos en la playa de trozas; se trabajó en el patio de secado, acondicionando el terreno y armando pilas para el secado natural. Dichas piezas fueron evaluadas visualmente: se realizó la determinación de defectos según norma EN-1310:1997 y posteriormente su clasificación acorde a las norma UNE 56544: 2011 e IRAM 9662-3: 2015. De acuerdo con la información y resultados obtenidos se concluye que la madera de pino oregón no es la de mayor difusión y uso entre las carpinterías de la zona aunque es utilizada para usos estructurales, pero con deficientes condiciones de secado. Por su parte, si bien el aserradero donde se realizó el estudio, es sencillo y cuenta con pocas máquinas, posee la tecnología adecuada para producir buenos rendimientos y a la vez madera de calidad. En relación al procedimiento de secado, se puede concluir que sólo un pequeño porcentaje de piezas presentaron defectos. Por otra parte la clasificación visual estructural realizada tuvo en un alto porcentaje de piezas rechazadas en ambas normas, aunque con mejor eficiencia clasificatoria en la norma IRAM. En términos generales se plantean algunas recomendaciones de índole técnica para mejorar el proceso, rendimientos y calidad de productos.

INTRODUCCIÓN

Desde los comienzos de la década del '70 se ha producido un incremento de la superficie forestada en la Región Patagónica que ha ido en consecuencia con diferentes incentivos nacionales y provinciales. Sin embargo, a partir del año 2000 y hasta la actualidad, se ha observado una caída en la tasa de forestación producto de la cambiante situación política-forestal en el país. De acuerdo con el Inventario Nacional de Plantaciones Forestales en Secano de Patagonia (2017) entre las provincias de Neuquén, Río Negro y Chubut, se reporta una superficie total forestada de 109.237 hectáreas, distribuidos en 63.725 ha en Neuquén, 11.860 ha en Río Negro y 33.446 ha en Chubut. Dicha cobertura se encuentra representada por diversas especies del género *Pinus*, entre los que se destaca, en superficie forestada, el *Pinus ponderosa* con 67.655,7 ha, seguido de otras especies del género *Pinus* que totalizan 12.000 ha aproximadamente, *Pseudotsuga menziesii* con 855 ha, *Populus* sp. (1.116,1 ha), además de 2.272,8 ha representadas por rodales mixtos, algunos conformados por diferentes especies del género *Pinus* y otros con especies nativas.

Entre las especies implantadas antes mencionadas, el pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb) Franco) es la conífera que mayor demanda y valor de mercado presenta, siendo en algunos casos, importada desde Chile (donde en algunas regiones su crecimiento ha superado incluso al *Pinus radiata*), cuando el mercado local no alcanza a cubrir la demanda existente; es una especie apreciada por su crecimiento, calidad y sanidad dado que no se han reportado daños causados por las plagas que atacan gravemente a otras especies de pino como la avispa barrenadora -*Sirex Noctilio*- y la mariposita del brote -*Rhyacionia buoliana*- (Tejera y Davel, 2005).

En la provincia de Chubut en particular, casi la totalidad de la superficie forestada (33.197 hectáreas) se encuentra dentro de la cuenca situada en la zona cordillerana de la provincia, extendiéndose desde el cordón cordillerano hasta la

estepa de oeste a este y desde el norte de la provincia hasta el sur de la localidad de Río Pico. La mayor parte, correspondiendo a 27.156,6 ha (82%), se encuentra ocupada por *Pinus ponderosa*. Asimismo, se encuentran otras especies de *Pinus* sin identificar, que abarcan una superficie de 2.624,9 ha (8%), así como forestaciones con pino contorta (*Pinus contorta* var. *murrayana*) 555 ha (1,7%), pino radiata (*Pinus radiata*) 344,4 ha (1,7%) y pino oregón ocupando una superficie de 411,9 ha (1,2 %) de la superficie total. El resto de la superficie está ocupado por plantaciones mixtas, plantaciones de especies nativas y otras como salicáceas (álamo y sauce), abarcando superficies muy reducidas de 1.000 ha (3 %), existiendo además un porcentaje de superficie, (3%), donde las especies no están documentadas. Por su parte, se ha reportado información de un 83% de la superficie forestada en relación a la clase de edad. De la misma, el 79% corresponde a una clase de edad joven (entre 11 y 25 años), un 16% incipiente (menores o iguales a 10 años) y un 5% clase madura (mayores a 26 años) (Inventario Nacional de Plantaciones Forestales, 2017).

En este sentido, la disponibilidad de trozas provenientes de plantaciones mayores a 50 años presenta un potencial para la obtención de productos de alto valor agregado. Para ello, la industria del aserrado debe producir madera de calidad, realizando un aprovechamiento integral de la materia prima, con alta productividad y eficiencia a fin de maximizar la rentabilidad. Para alcanzar esta meta se requiere conocer y controlar la eficiencia en el aprovechamiento del producto principal, como así también su rendimiento en el aserrado (INFOR N° 16, 1989). Si bien existe una gran cantidad de factores que influyen de manera diversa sobre el rendimiento y la calidad del material aserrado, conociendo el funcionamiento del aserradero es posible identificar las etapas del proceso productivo factibles de ser mejoradas para elevar el rendimiento de la materia prima de calidad (Batista & Monteiro de Carvalho, 2007; Biasi, 1998). Del mismo modo, estudios sobre clasificación visual permiten evaluar la calidad de la madera y sus posibles destinos finales acordes, teniendo en cuenta para

ello, que cada norma clasificatoria empleada para tal fin representa un límite de clasificación específico para cada especie y zona de procedencia (IRAM 9662-3 (2015); UNE 56544 (2011); Roblot *et al.*, 2008).

En concordancia con lo descripto, dada la disponibilidad de material como así también la escasa información existente sobre la madera de esta especie, con el presente trabajo se pretende generar una base de datos sobre tecnología aplicada a la madera, rendimientos (madera aserrada/rollizos) y calidad de la madera de *Pseudotsuga menziesii* proveniente de plantaciones de la provincia de Chubut.

OBJETIVOS

Analizar el proceso de transformación mecánica, la tecnología empleada, la calidad y tipos de productos aserrados obtenidos de la madera de *Pseudotsuga menziesii* procesada en Trevelin, provincia de Chubut.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio: relevamiento del mercado

Se analizó local y regionalmente el uso de la madera de *Pseudotsuga menziesii* (pino oregón) comercializado en la ciudad de Trevelin (Chubut) a través del relevamiento en diversas carpinterías locales. Asimismo, se analizó el uso de otras especies presentes en el mercado local.

Para esta etapa se confeccionó un listado de información prioritaria a modo de encuesta, que posteriormente fue realizada de manera presencial y abierta en carpinterías de la región. Entre los datos solicitados se recabaron: principales productos, especies, escuadrías, calidades, destinos entre otros, haciendo énfasis en pino oregón. Con dicha información se confeccionaron dos tablas resumen.

Área de estudio: aprovechamiento y transformación mecánica

Para el proceso de aprovechamiento y transformación mecánica, se trabajó con madera de pino oregón proveniente de montes propios del campo experimental INTA EEAf Esquel (estación experimental agro- forestal), de elevados turnos de corta (mayores a 50 años), ubicados sobre la ladera este del Cordón Situación dentro del Ejido Rural, Trevelin, departamento Futaleufú (Chubut, Argentina). Los límites del campo experimental se encuentran comprendidos entre los Esquineros Norte (latitud S $43^{\circ} 03' 14,31''$, longitud O $71^{\circ} 35' 08,24''$, altitud 1322m); Este (Latitud S $43^{\circ} 06' 37,43''$, longitud O $71^{\circ} 30' 30,05''$, altitud 358 m); Sur (Latitud S $43^{\circ} 08' 05,58''$, Longitud O $71^{\circ} 33' 42,03''$, altitud 350 m) y Oeste (Latitud S $43^{\circ} 06' 40,12''$, Longitud O $71^{\circ} 35' 39,82''$, altitud 831 m), totalizando una superficie de 3042 ha, Figura 1 (Hollmann, 2014).

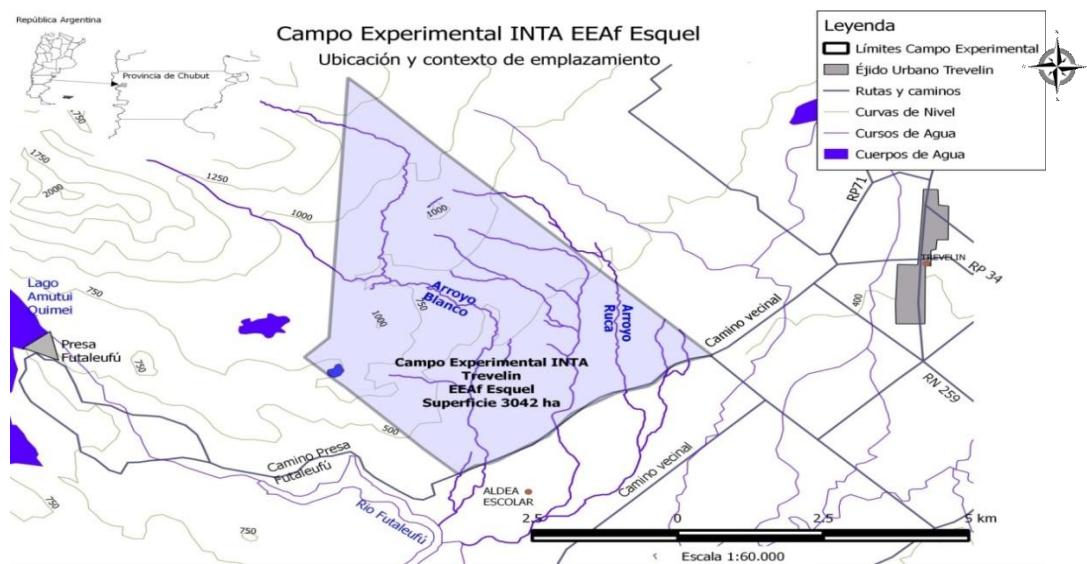


Figura 1. Campo Experimental INTA EEAf Esquel: ubicación y contexto de emplazamiento.

El clima de la zona es templado, templado-frío. La temperatura media del mes más cálido (Enero) es de $15,8^{\circ}\text{C}$, mientras que la temperatura media del mes más frío es de $2,9^{\circ}\text{C}$ (mes de Julio).

El régimen de lluvias es mediterráneo con un período húmedo que se extiende entre Abril y Agosto donde se concentra el 75 % de las precipitaciones anuales y un período de sequía que se extiende desde septiembre a marzo donde se registra el 25 % restante alcanzando una media anual de 1.000 milímetros (Hollmann, 2014).

Proceso de aprovechamiento y abastecimiento

En esta instancia se describieron los sistemas de cosecha forestal y la descripción y trabajos de abastecimiento realizados en la playa de trozas del aserradero.

Clasificación-cubicación de rollizos: rendimiento y producción

Para esta etapa se realizó una clasificación e identificación de rollizos en la playa de trozas de acuerdo a su longitud, clase diamétrica, defectos naturales de la troza (rectitud del fuste, presencia de nudos y ramas) y defectos asociados al secado del material (grietas, rajaduras).

Se trabajó con tres clases diamétricas de un total de treinta rollizos (10 para cada clase diamétrica) identificadas por color: CLASE A: clase diamétrica 30-40 cm (amarillo), CLASE B: clase diamétrica 40-50 cm (rojo) y CLASE C: clase diamétrica 50-60 cm (verde).

Se determinaron: diámetro menor, diámetro mayor y longitud; con estos datos se cubicaron los rollizos empleando la Fórmula de Smalian (1) determinándose: volumen por rollizo, volumen por clase diamétrica y volumen total.

$$V_{(troza)} (m^3) = \frac{a (m)^2 + A (m)^2}{2} * L_{(troza)} m \quad (1)$$

Siendo:

V (troza) = volumen de la troza

a = área de la sección del diámetro menor

A = área de la sección del diámetro mayor

L (troza) = longitud de la troza

La totalidad de las piezas aserradas obtenidas de los 10 rollizos por clase diamétrica fueron identificadas por escuadría (espesor x ancho), junto con la determinación de la longitud.

Con los datos se obtuvieron los siguientes parámetros: volumen por pieza en pie cuadrado, volumen total de cada clase diamétrica en pie cuadrado y volumen total de madera aserrada producida, en metros cúbicos (2).

$$V_{(tabla)} (m^3) = e (m) * a_{(tabla)} (m) * L_{(tabla)}(m) * n \quad (2)$$

Siendo:

$V_{(tabla)}$ = Volumen de la tabla

$e_{(tabla)}$ = espesor de la tabla

$a_{(tabla)}$ = ancho de la tabla

$l_{(tabla)}$ = longitud de la tabla

n = número de tabla de la misma dimensión

El **rendimiento** se obtuvo a partir del cociente entre el volumen de madera aserrada y volumen de madera rolliza total (Fórmula 3) y en cada una de las tres clases diamétricas. Asimismo, dentro de cada clase diamétrica se obtuvo el rendimiento parcial de cada escuadría de madera aserrada producida.

$$R (\%) = \frac{VMA (m^3)}{VMR (m^3)} * 100 \quad (3)$$

Siendo:

R = Rendimiento o porcentaje de aprovechamiento

VMA = Volumen de madera aserrada

VMR = Volumen de madera rolliza

La **producción** fue recabada en base a datos obtenidos por el aserradero en diferentes años.

Trabajos en patio de secado

Se trabajó en el patio de secado, acondicionando el terreno y posteriormente, se armaron las pilas para el secado natural, con bases, separadores y contrapesos ubicados según recomendaciones técnicas (García Esteban *et al.*, 2004; Junta del acuerdo de Cartagena, 1989).

Determinación de defectos y clasificación visual de la madera aserrada

La totalidad de piezas aserradas fueron evaluadas visualmente para la determinación y medición de los principales defectos naturales, de aserrado y de secado. Para ello se trabajó según la metodología correspondiente a la norma EN-1310:1997.

Una vez culminada dicha etapa, se realizó una clasificación visual acorde a los criterios clasificatorios establecidos en la norma UNE 56544: 2011, donde se establecieron dos calidades para las piezas denominadas ME-I Y ME-II, siendo ME: madera estructural I y II clase más y menos eficientes estructuralmente, respectivamente. Las piezas no consideradas en ninguno de estos grupos fueron consideradas “rechazo” para uso estructural.

Además se realizó una clasificación visual acorde a los rangos establecidos en la norma IRAM 9662-3: 2015 que emplea una metodología similar de evaluación y clasificación de defectos. De acuerdo con dicha clasificación se establecieron los límites de los defectos en dos clases de resistencia; Clase 1 y Clase 2, identificando a la madera de mayor resistencia y menor resistencia, respectivamente y aquellas

piezas que no clasificaron en ninguna de las dos clases, se consideraron como “rechazo” para uso estructural.

Análisis de resultados

El análisis de los resultados se realizó principalmente de manera descriptiva, considerando lo relevado del mercado local/regional (productos, especies, calidades, destinos) y del proceso productivo actual de INTA Trevelin (producción, rendimiento, productos de mayor demanda, características de la materia prima, proceso de secado, equipamiento y personal). Asimismo, se plantearon una serie de recomendaciones con la finalidad de mejorar u optimizar los distintos aspectos de la producción de madera aserrada de pino oregón en la planta industrial de INTA Trevelin. De esta manera se pretende aportar información relevante a la situación actual del mercado zonal. Por su parte, en base a la clasificación visual establecida, se realizaron las recomendaciones o consideraciones pertinentes en relación a la condición del material disponible para su comercialización en el mercado local/regional.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Área de estudio: relevamiento del mercado.

En la Tabla 1 se especifica la información general de las diversas carpinterías zonales encuestadas en la zona de Trevelin.

Tabla 1: Información general de carpinterías zonales

Carpinterías	Especies*	Nº empleados	Productividad (pie ² /año)	Escuadrías** (pulgadas)	Destino***	Procedencia materia prima
Carlos Hidalgo	AC; NP; PR; PM.	3	A pedido de clientes	2x4 2x5 2x10	M. y A. (zonales)	Esquel Rio Pico La Aldea
La Esperanza	AC; PR; PM.	2	A pedido de clientes	2x3 2x4 2x5	M. y A. (zonales)	Trevelin
Municipal	AC; NP; PM; PR.	3	A pedido de clientes	2x4 2x5 2x6	A. y P. (zonales)	Trevelin
Roa	AC; NP; PR; PM.	2	A pedido de clientes	1x6 1x8 2x3 2x4 3x3	M. y A. Encofrados (zonales)	INTA Trevelin
Tecnomaderas	NP; AC; PR; PE; PM.	6	130000	1x3-3x8	M. y A. (zonales)	No especifica
La Mano	NP; AC; PE; PM.	3	A pedido de clientes	2x3 2x4 2x5	M. y M.P. (zonales)	Trevelin
Santa Rita	PA; BR; MA; C.	1	A pedido de clientes	2x6 3x6	A. y M. (zonales)	Norte del país
Lezcano	AC; NP; PR.	1	1700	1 (e) 2 (e)	M. Y Art. (zonales)	Corcovado
Bustamante	NP.	1	1000	2x6 2x8 2x10	M. y A. (zonales)	Esquel
Gajardo	NP; AC; PM.	1	A pedido de clientes	2 (e)	M. y A. (zonales)	INTA Trevelin Trevelin

*Especies nombradas en orden decreciente de uso: AC: *Austrocedrus chilensis*; NP: *Nothofagus pumilio*; PR: *Pinus radiata*; PM: *Pseudotsuga menziesii*; PE: *Pinus elliotii*; PA: *Patagonula americana*; BR: *Balfourodendron riedelianum*; MA: *Melia azedarach*; C: *Cedrus* spp. **e: espesor; ***M.: mueblería; A.: aberturas; P.: Puertas; M.P.: mueblería de placa; Art.: artesanías

En la Tabla 1 se puede observar que entre los diversos destinos, la madera de *Pseudotsuga menziesii*, no es de las más utilizadas, siendo precedida por especies nativas. En cuanto a escuadrías y destinos, se prefiere 2 y 3 pulgadas de espesor para la realización de muebles-aberturas y uso estructural, respectivamente. También se

puede observar que tanto el destino como la procedencia de las especies son zonales, marcando una tendencia al mercado local.

En la Tabla 2 se detalla información recabada sobre la especie en estudio.

Tabla 2. Información general de *Pseudotsuga menziesii* en las carpinterías zonales

Carpintería	Escuadría (pulgadas)*	CH*	Grietas Rajaduras	Veteado*	Nudos*	Destino*	Remanufactura*
Carlos Hidalgo	2x4;2x5;2x10	Alto-E	Si		Si	UE	C-S
La Esperanza	2 (e)	Alto-E			Si	A-P	
Municipal	2x2	Alto-E			Si	UE	C-S
Roa	2x4	Alto-E	Si	Si	Si	UE.; En-A	C-S
Tecno-maderas	2-3 (e)	M. S.		Sí		UE	
La Mano	2-3 (e)	Alto-E.			Si	UE	C-S
Santa Rita	2-3 (e)	Alto-E.		Sí	Si	UE-En	C-S
Lezcano	2 (e)	Alto-E.	Si	Sí	Si	Cruces	CS
Bustamante	2 (e)	Alto-E.		Sí	Si	UE; A-M	CS
Gajardo	2 (e)	Alto-E.		Sí	Si	UE-M	CS

*e: espesor; CH: contenido de humedad; E: estimación (método rudimentario de apreciación del CH a través del peso de la pieza); MS: madera seca; *Veteado: vistoso en corte radial; *Nudos: la mayoría se procura que no ocupen toda la cara; Destino: UE: uso estructural; M: mueblería; A; aberturas; P; Puertas; En.: encofrado; Remanufactura: C-S: cepillado y saneado.

De acuerdo con lo observado en la Tabla 2 en términos generales se destaca la comercialización de madera verde a nivel zonal, con presencia importante de nudos, algunos fijos y otros posibles saltadizos y con un proceso de acondicionamiento (cepillado) y saneado correspondiente (rellenado de nudos saltadizos). En contraparte, cuando dicha especie se encuentra con el contenido de humedad apropiado (seco al aire con contenidos de humedad estimados entre 16 y 18%), remarcan que es una madera fácil de trabajar. Esto, sumado a su vistoso veteado en cara radial, le otorga una buena terminación al producto.

Se observa además que el principal destino de esta especie es para su uso en la construcción, vigas y tirantes para el armado de estructuras de techos, en su

mayoría: seguido por su utilización en aberturas, como marcos de puertas y ventanas; y por último en mueblería en general.

Proceso de aprovechamiento, abastecimiento, clasificación-cubicación y transformación mecánica

El sistema silvícola que se utiliza en el campo experimental INTA Trevelin, para el aprovechamiento forestal de bosques de pino oregón es el de tala raza y plantación realizado en fajas en la temporada invernal, considerando la previsión de la regeneración, protección del recurso suelo-agua, el mantenimiento de la productividad y la concordancia con las restricciones sociales, legales y culturales. La tala raza, es la corta de arboles en el pie o base del tronco, con objetivos de aprovechamiento forestal, cortando en este sistema, todos los ejemplares arbóreos existentes en una superficie determinada, respondiendo a un manejo racional o sustentable del recurso, bajo criterio de conservación.

Aprovechamiento

Estas operaciones fueron llevadas a cabo a través de tercerización de actividades:

- Apertura de vías de saca, poda baja e identificación de árboles a aprear. Para ello se utilizaron: tractor, motosierras y herramientas menores.

- Apeo, desrame y despunte mediante utilización de motosierras, dejando los residuos en el lugar para su posterior quema.

- Tronzado a diferentes longitudes (3m; 3,10m; 3,60m; 4,20m; 4,80m; 5,40m y 6m) con motosierra.

- Saca y transporte hacia zonas de fácil acceso para el posterior traslado al aserradero con tractor de arrastre con cadena; aquí finalizan las tareas de tercerización.

- Carga y transporte de trozas mediante un tractor con grúa forestal a la playa de trozas del aserradero para comenzar con el proceso de transformación mecánica

Abastecimiento

Playa de trozas

El aserradero cuenta con una playa de trozas suficiente como para almacenar materia prima que asegure un continuo abastecimiento de trozas. No cuenta con descortezadora y las longitudes de las trozas vienen predeterminadas del bosque (ver apartado de tronzado).

El área posee una plataforma de ripio por donde transitan las maquinarias forestales. Por los laterales se encuentran las rumas de rollizos, las cuales no cuentan con clasificación diamétrica ni por calidades, sino que se encuentran agrupadas pero sin un orden adecuado. En otra zona dentro de la playa de trozas se deposita parte de la producción lista para la comercialización.

Desde aquí se realiza el traslado de las trozas, mediante tractor con pluma, a la plataforma de carga de la sierra principal. El traslado de los rollizos de la plataforma de carga a la sierra principal es llevado a cabo por un operario.

Clasificación-cubicación de rollizos: rendimiento y producción

En la Tabla 3 se muestran los resultados de la clasificación diamétrica, determinación de volumen con corteza mediante la clasificación por Smalian y rendimiento total. Los diferentes rendimientos según clase diamétrica se muestran en la Figura 2.

Tabla 3. Clasificación diamétrica-volumen de madera rolliza y aserrada.

Parámetros	Clases diamétricas		
	CLASE A	CLASE B	CLASE C
Diámetros (cm)	30-40	40-50	50-60
Volúmenes con corteza (m ³)	5,15	7,01	11,8
Volumen total con corteza (m ³)	23,96		
Volumen de madera aserrada (pie ²)	1161,5	1838,33	2322,33
Volumen total de madera aserrada (pie ²)	5322,16		
Rendimiento (%)	53,19	61,85	46,42
Rendimiento (%)	52,39		

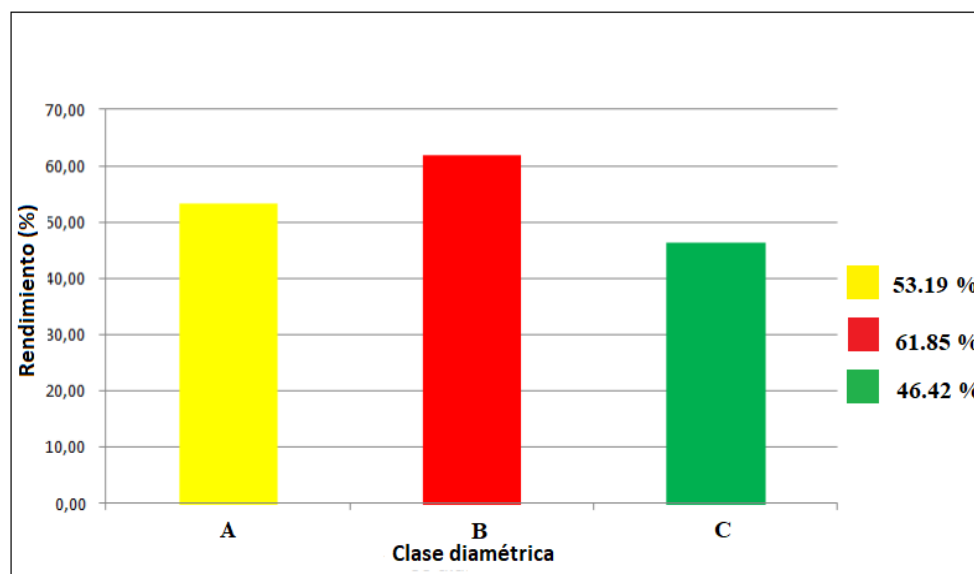


Figura 2. Rendimiento en las diferentes clases diamétricas.

El rendimiento total del aserradero fue apropiado (52,5%) y superior a los obtenidos por Francisco Calvi (2003), considerando la misma especie, utilizando una sierra sinfín vertical simple como principal y la misma fórmula de cubicación de Smalian.

Por su parte, considerando el rendimiento por clase diamétrica obtenida en este estudio, podrían encontrarse similitudes con lo hallado por Biassi (1998) a través de un estudio de rendimiento en madera aserrada de *Pinus* spp realizado en Brasil

mediante el cual obtuvo un rendimiento inferior (46%) con clases diamétrica semejantes a las clases diamétricas A (53,19%) y B (61,85 %) del presente trabajo, además de obtener el mismo rendimiento en relación a la clase diamétrica C (46 %).

Con respecto a los productos obtenidos, las tablas, clavadores, tirantes y vigas que diariamente son vendidos a los clientes de la zona, fueron los que mayor rendimiento aportaron. Se obtuvo así, entonces, un rendimiento parcial por escuadrías de las tres clases diamétricas estudiadas, observando estas, en las Figuras 3, 4 y 5.

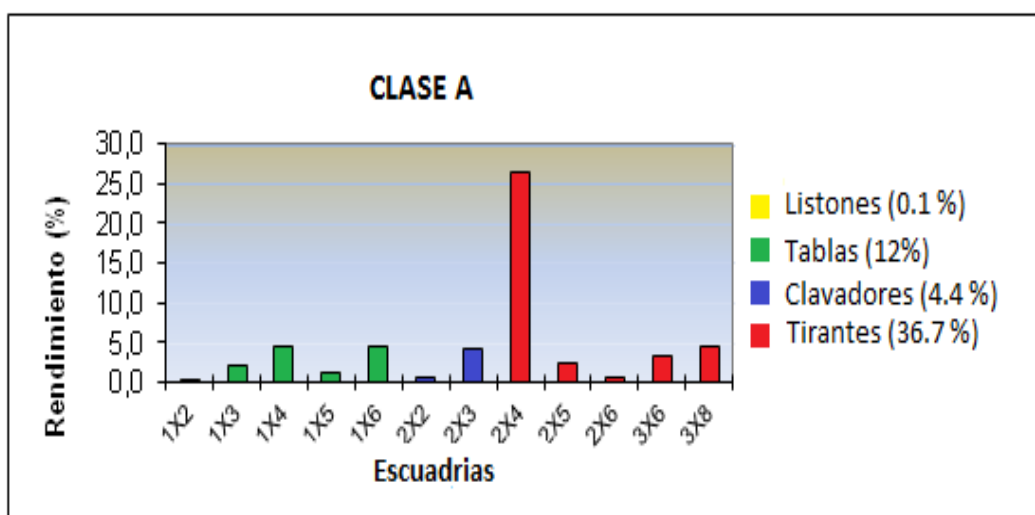


Figura 3. Rendimiento parcial por escuadría de la clase diamétrica A.

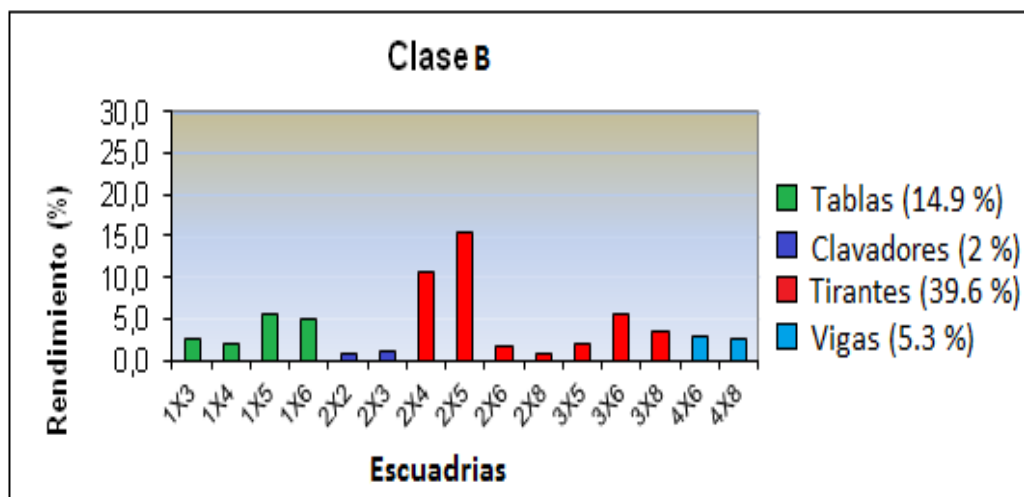


Figura 4. Rendimiento parcial por escuadría de la clase diamétrica B.

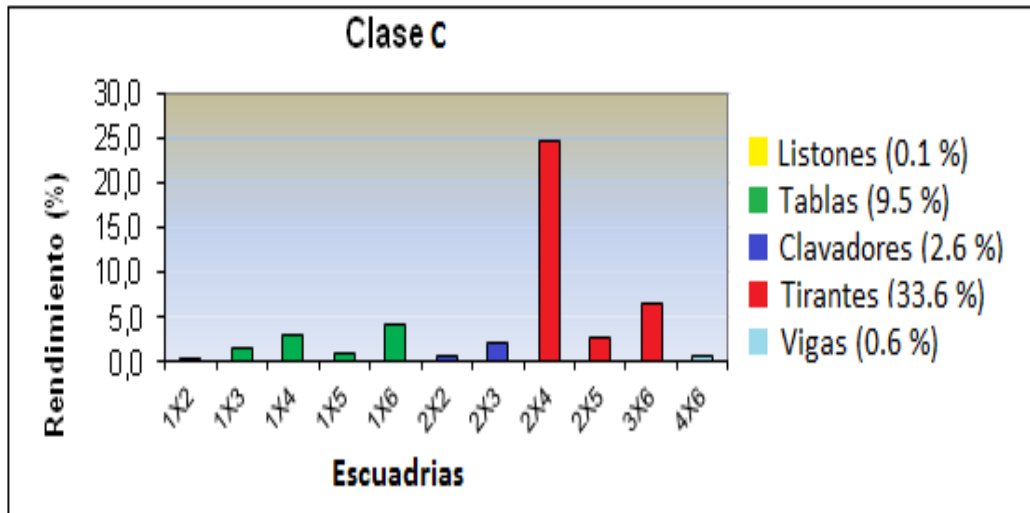


Figura 5. Rendimiento parcial por escuadría de la clase diamétrica C.

De acuerdo con lo observado en las Figuras 3, 4 y 5 se observa un rendimiento variable, destacándose notoriamente el mayor rendimiento en las escuadrías de 2" de espesor. Dicho rendimiento se debe en gran parte al diagrama de corte planificado, tratando de sacar en su gran medida cortes radiales y aprovechando la mayor cantidad de madera producida.

En cuanto a la producción, si bien esta no fue determinada, la misma fue recabada de libros de registros del aserradero, cuyos resultados de tres años se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Producción anual del aserradero

Año	Producción (pie ²)
2015	410.698
2016	324.562
2017	308.297

Transformación mecánica: máquinas y mecanismos complementarios

Plataforma de carga de la sierra principal (Figura 6: 1).

Aquí se realiza la recepción de las trozas provenientes de la playa de troza, transportando las mismas desde la entrada hacia el cargador de trozas. Esta tarea la realiza el mismo operario de la actividad antes mencionada.

Cargador de trozas (Figura 6: 2).

La carga de las trozas es realizada mediante espadas cargadoras, depositándolas en el sistema de alimentación de la sierra principal, abasteciendo a este cada vez que lo determine el operador de la sierra principal. El rollizo va dirigido hacia el carro neumático luego de ser sujetado y cargado por las espadas.

Carro neumático (Figura 6: 3).

El carro de la sierra principal es un equipo hidroneumático de 3 columnas con una longitud máxima de soporte de trozas de 6 metros. Su desplazamiento se realiza mediante rieles; el movimiento es comandado a distancia en la cabina de control. El movimiento hacia el elemento cortante (traslación en ambos sentidos) es originado por un dispositivo electro hidráulico. El movimiento de las escuadras en sentido transversal, determinante del espesor de corte, es también electrohidráulico y del mismo modo, es comandado a distancia. Las trozas son fijadas mediante ganchos metálicos, ubicados en las columnas anteriormente mencionadas, accionados neumáticamente. Generalmente se emplean cuando la sierra principal es una sierra simple como en este caso.

Sierra principal para el aserrado de rollizos (Figura 6: 4).

Es una sierra sinfín vertical simple monocorte (asierra en un solo sentido) con dientes recalcados y con las siguientes características: diámetro del volante: 1.500 mm, largo de la sierra: 8 m, ancho de la sierra: 150 mm, espesor de la sierra: 1,2 mm, paso del diente: 40 mm.

El corte se puede realizar a alta velocidad, hasta 3.300 m/min, con un adecuado mantenimiento de la sierra. Las tareas desde la plataforma de sierra principal, pasando por las espadas cargadoras, el carro neumático y la sierra principal la realiza un operario comandando la sala de control que se encuentra en un lugar elevado y frente a la sierra principal.

En el proceso de aserrado hay un técnico que realiza las tareas de guía detrás de la sierra principal ayudando al operario de comando del carro neumático a guiar la troza. Además, realiza las tareas de despunte y armado de paquetes de madera aserrada.

Rodillos (Figura 6: 5).

En términos generales, la función de los rodillos es mover y sujetar trozas, parte de ellas, madera aserrada o residuos de un punto a otro a una velocidad determinada.

Dentro de la línea de producción hay rodillos horizontales lisos que van moviendo la madera aserrada. También en la sierra sinfín secundaria (reaserradora/partidora), cuenta con rodillos verticales estriados que permiten mover y sujetar las piezas que provienen de la sierra principal.

Cadenas de alimentación (Figura 6:6).

La función que cumplen las cadenas de alimentación es mover trozas, parte de ellas, madera aserrada o residuos de grandes/medianas dimensiones un punto a otro a una velocidad determinada.

En la línea de producción se encuentran cadenas de alimentación en plataforma plana, las cuales permiten el avance suave y parejo de madera aserrada que llega, por medio de transferidores, y desvían 90° de la dirección de trabajo, piezas parcialmente aserradas, permitiendo el rápido despeje de la línea de corte de la sierra principal, transportados por los rodillos.

Sierra reaserradora-fraccionadora (Figura 6:7).

Es una sierra sinfín que posee un diámetro de volante 1.200 mm. Es hidroneumática y posee una mesa de entrada con aprisionador lateral para obtener tablas. En esta máquina se producen cortes generalmente tangenciales y se alimenta básicamente de costaneros gruesos y medios provenientes de la sierra principal por rodillos transferidores.

En este sector hay un técnico que manipula la sierra reaserradora-fraccionadora y dos ayudantes que realizan la manipulación de madera en dicha sierra: uno separa los desperdicios (costaneros), y otro vuelve el material a terminar a la sierra a través de rodillos para obtener el producto deseado.

Los costaneros resultantes del aserrado del material son apartados y llevados a un lugar determinado, donde son retirados por los pobladores de la zona sin costo.

Despuntadora (Figura 6:8).

Una vez pasado por la reaserradora-fraccionadora, el despunte se realiza con motosierra cuya función es determinar la longitud final de la pieza mediante un corte transversal en ángulo recto en el extremo de la misma. Con ésta se eliminan parte de rajaduras, pudriciones, grietas, nudos y otros defectos de la madera si tuvieran presentes en ese momento. El despunte lo realiza el mismo operario que está ayudando en la sierra principal.

Además, en este sector otro operario realiza la selección del producto según las escuadrías del producto final (tirantes, tablas, clavadores, cantoneras y papelillos).

Sala de afilado (Figura 6:9).

Es el sector donde se realiza el mantenimiento de las sierras e implementos de corte que se utilizan para el aserrado de la madera. En este caso, la sala está equipada con afiladora, recaladora, tensionadora y soldadora; cuenta con un operario.

Para el procesado de pino oregón generalmente se utilizan seis hojas por día.

Sistema de eliminación de residuos finos (Figura 6:10).

La función que cumplen es eliminar rápidamente el aserrín y el polvo en suspensión para mantener un ambiente de trabajo saludable dentro de la línea de producción de madera aserrada. En este caso se realiza a través de conductos metálicos. El aserrín va luego dirigido hacia un galpón (Figura 2:11) donde se acopia y posteriormente se comercializa a productores para diferentes usos como fabricación de ladrillos y camas de caballerizas. Al igual que los costaneros, los despuntes son retirados por los pobladores de la zona sin costo.

Además de los operarios afectados a las distintas funciones antes detalladas, el aserradero cuenta con un operario que transporta, mediante un tractor, el material procesado a la zona de estiba y realiza la entrega de pedidos, como así también con un operario que realiza las tareas de acondicionamiento del material a estibar.

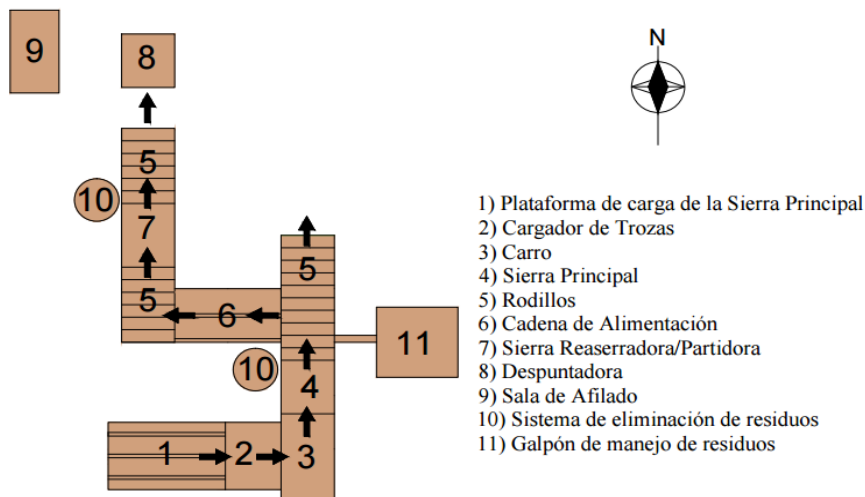


Figura 6. Disposición de máquinas y equipos dentro del proceso productivo

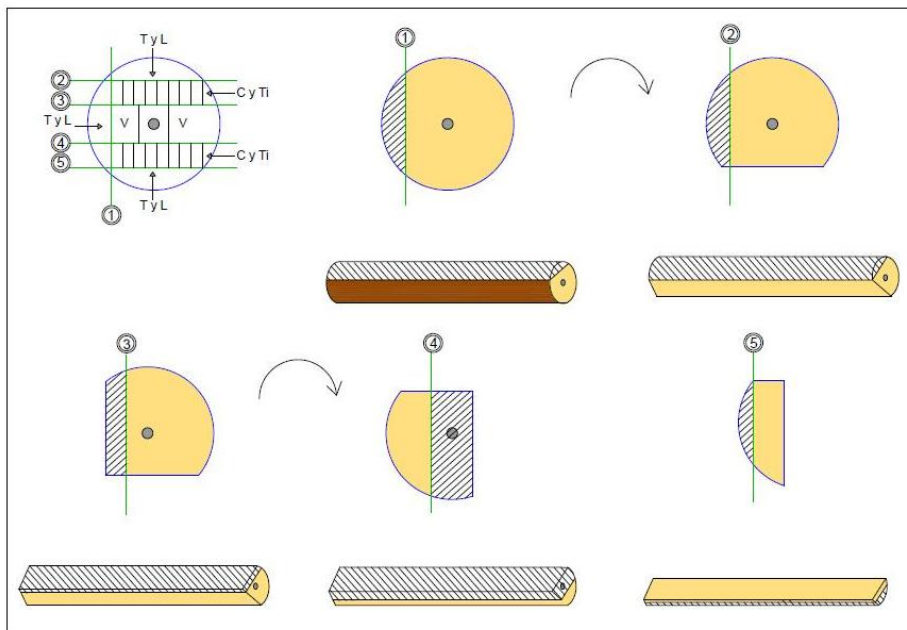
Sistema de aserrado

El sistema de corte comúnmente empleado en este aserradero, es radial o cuarteado, el cual es realizado por una sierra (Figura 7). En este tipo de sistema, en cada pasada de la troza a través de la sierra, se obtiene una sola pieza (tabla o

tablón), las superficies de las piezas quedan a la vista, y dependiendo de su calidad, se puede decidir sobre el espesor que se dará, razón por la cual suele denominarse sistema individual o abierto. Se utiliza en máquinas principales que cuentan con una sola sierra y donde el avance se realiza con carro.

En este trabajo se buscó obtener madera en que exista una clara diferencia en sus caras radiales (donde la cabeza de la pieza aserrada se observan los anillos de crecimiento formando un ángulo de 45 a 90 ° con respecto a la arista que delimita la cabeza con la cara), considerado el sistema de corte más apropiado para mueblería, considerando ventajas que se describen a continuación:

- La madera presenta menor contracción en el ancho de la pieza, es más estable.
- Es menos propensa a la torsión y acanaladura durante el secado
- Las caras no se agrietan ni se rajan en las proporción que lo harían las tablas tangenciales durante el secado y posterior uso.
- El vetado debido a los radios leñosos, puede ser notorio y atractivo.



-T y L; Tablas y Listones; C y Ti: Clavadores y Tirantes; V: Vigas. - [hachuras] Piezas a reaserrado

Figura 7: Plan de corte de la sierra principal.

Una vez pasada por la sierra principal (cortes; 1, 2, 3, 4, 5), las piezas son reaserradas en la sierra reaserradora/partidora para poder obtener productos de diferentes escuadrías siguiendo el siguiente plan de corte:

El corte 1 y 2 se realizó para obtener piezas con espesores de 1" (T y L).

El corte 3 se realizó para obtener piezas con espesores de 2" y 3" (C y Ti).

El corte 4 se realizó para obtener piezas de espesores de 4" (V) y el corte 5 se realizó para obtener piezas como las realizadas en el tercer corte (C y Ti).

De acuerdo a lo observado puede indicarse que si bien el aserradero cuenta con características de baja producción, con dos sierras sin fin (principal y desdobladora) y con nueve empleados, es uno de los aserraderos más tecnificados de la provincia.

Además con las maquinas que cuentan (tractor con pluma, tractor convencional, grúa cargadora) pueden cubrir todo el proceso productivo desde el bosque hasta el secado, almacenamiento de la madera, apilado y empaque, logrando ser un aserradero productor de materia prima para abastecer aserraderos pequeños con remanufactura y carpinterías locales, valorizando la madera para la venta.

En cuanto a los operarios se pudo observar que la distribución de ellos en la línea de aserrado fue adecuada, con funciones específicas para cada uno de ellos.

Un punto a destacar es que durante el año los empleados realizan capacitaciones referidas a producción, seguridad y primeros auxilios.

Con respecto a la jornada laboral tienen un turno de trabajo que es de ocho horas diarias de lunes a viernes. Además disponen de un edificio que cuenta con baños, duchas, cocina y comedor.

Trabajo sobre el patio de secado

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

Cuando la temperatura y la humedad relativa del aire permanecen más o menos constantes (es el caso del aserradero en estudio) es el aire el factor determinante en la velocidad de secado. Por eso es importante tener en cuenta la orientación del patio de secado según la dirección predominante de los vientos.

Para esta instancia se trabajó bajo tinglado, localizado en un sitio abierto y con buena ventilación, de 4m de ancho x 6m de largo con una altura de 3m en la parte más alta y con una pendiente aproximada de 10 a 15% de la parte más baja del tinglado favoreciendo el escurrimiento en caso de precipitaciones. El techo se construyó con láminas acanaladas de cartón, sobresaliendo entre 30 y 50 cm en relación con las puntas de las piezas a secar. El piso del tinglado está constituido por bases de vigas de madera, distanciadas 60 cm una de otra, perpendiculares a la longitud del tinglado, donde va apoyado el material.

En una primera intervención se realizó un desmalezado alrededor del tinglado y una posterior eliminación de material, para lograr la correcta circulación del aire.

En una segunda etapa se colocó una media sombra en lateral más alto del tinglado, debido a que estaba expuesto en la mayor duración del día a la radiación directa del sol.

En una tercer etapa se llevó a cabo un rastrillado entre dichas vigas y al costado para la circulación de aire dentro del tinglado, evitando de esta forma que el aire frio y húmedo se depositara en menor medida en las partes bajas de las pilas, observando además un buen nivelado del piso como en alrededores permitiendo y

favoreciendo el escurrimiento de agua en periodos con altas probabilidades de precipitaciones.

El material a secar fue transportado mediante un tractor con acoplado y apilado manualmente una vez puesto en condiciones el tinglado. La forma de apilado constó de cuatro pilas distanciadas a 40 cm entre ellas, asegurando la ventilación y el pasaje de un operario entre ellas para futuras mediciones de contenido de humedad.

Las pilas se acomodaron con longitudes más largas abajo y con espesores uniformes en cada pila. Se dejó espaciamentos entre canto y canto de cada pieza de 2 a 3 cm, para la circulación de aire dentro de la pila.

Se colocaron separadores de 1 pulgada de espesor y distanciados 70 cm entre ellos, comenzando desde la cara de la pieza y respetando su distanciamiento en toda la pila. Se seleccionaron separadores secos y en base a la ausencia de defectos como torceduras y rajaduras.

Una vez finalizado el apilado de las piezas se culminó con el sunchado de las pilas o paquetes, con el fin de que las cargas se repartan lo más homogéneamente posible, facilitando el trabajo de traslado y transporte de dicho material a posteriori.

Durante todo el proceso de secado natural, el trabajo es realizado por dos operarios.

Determinación de defectos y clasificación visual de la madera aserrada

Una vez realizada la determinación de defectos establecida en la norma UNE-EN 1310:1997, se realizó una clasificación visual acorde a los criterios clasificatorios establecidos en la norma UNE 56544: 2011 y en la norma IRAM 9662-3: 2015, mostrando los resultados en la Figura 8 y Figura 9, respectivamente.

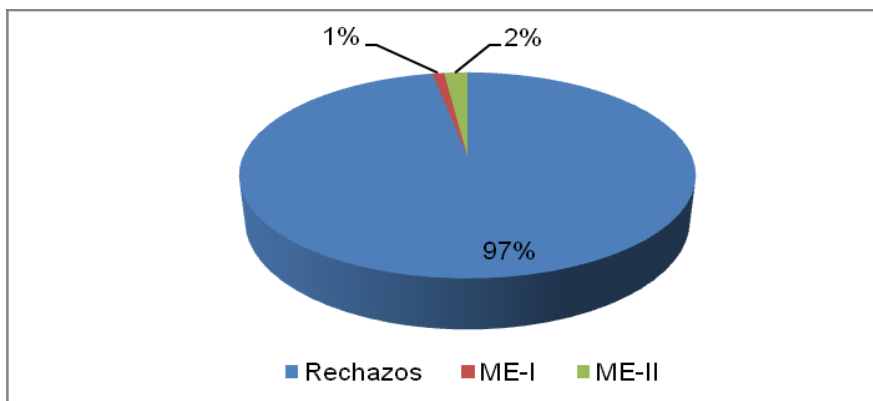


Figura 8: Clasificación visual según UNE 56544:2011.

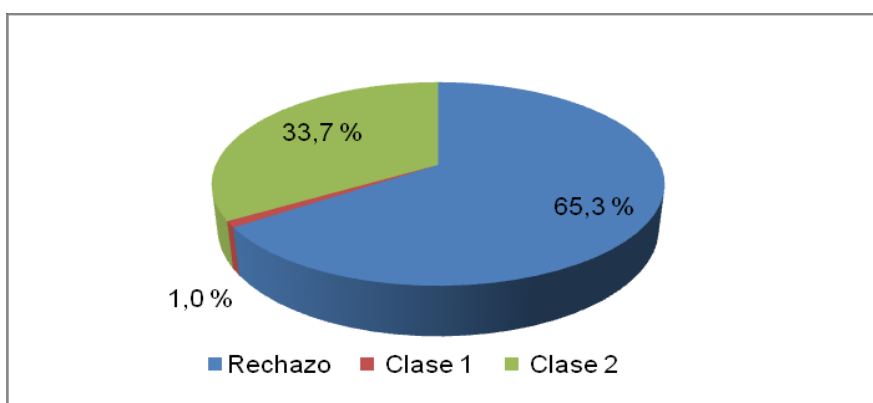


Figura 9: Clasificación visual según IRAM 9662-3: 2015

De acuerdo con lo observado en la Figura 8, la clasificación visual resulto muy exigente para las muestras de maderas, ya que de las 101 piezas clasificadas, 98 de ellas (97%) fueron rechazadas, 2 de ellas (2%) clasificadas como madera estructural 2 (ME-II), y tan solo 1 (1%) como madera estructural 1 (ME-I).

Asimismo en la Figura 9, se puede inferir que de un total de 101 piezas, 66 fueron rechazadas (65,3 %), 34 fueron clasificadas como clase 2 de resistencia (33,7 %) y tan solo una muestra (1 %) fue clasificada como Clase 1.

En ambas clasificaciones se pudo observar que existe un gran porcentaje de piezas rechazadas e incluso llegando a superar el 95% (norma UNE 56544:2011).

Esto puede corresponderse con dichas normas empleadas, donde la norma 56544: 2011 es considerada para clasificación de madera aserrada de pino silvestre

(*Pinus sylvestris* L.); pino laricio (*Pinus nigra* Arn.var. *Salzmannii*); pino gallego y pino pinaster de la meseta (*Pinus pinaster* Ait.); pino insigne (*Pinus radiata* D. Don) todas ellas de procedencia española; especies que en términos generales son de crecimiento más lento que la especie en estudio.

Para el caso de la norma IRAM 9662-3:2015, está destinada a dos especies de pinos característicos de la región mesopotámica (pino taeda y *elliottii*), de rotaciones cortas y que llevan un tratamiento silvícola permanente durante todo su crecimiento.

Asimismo y en coincidencia con Roblot *et al.*, 2008, la clasificación visual tiende a subestimar las características técnicas de la madera de pino oregón, más aún teniendo en cuenta que las normativas que se emplearon son para coníferas diferentes a la estudiada.

Todo esto, resulta restrictivo y/o exigente para la madera *Pseudotsuga menziesii* de más de 50 años de edad, diferentes condiciones de crecimiento y con poco o nulo tratamiento silvícola.

En la Figura 9 y 10 se muestran las causas por la cual fueron rechazadas las piezas de *Pseudotsuga menziesii*, según las normas UNE 56544:2011 e IRAM 9662-3:2015 correspondientemente.

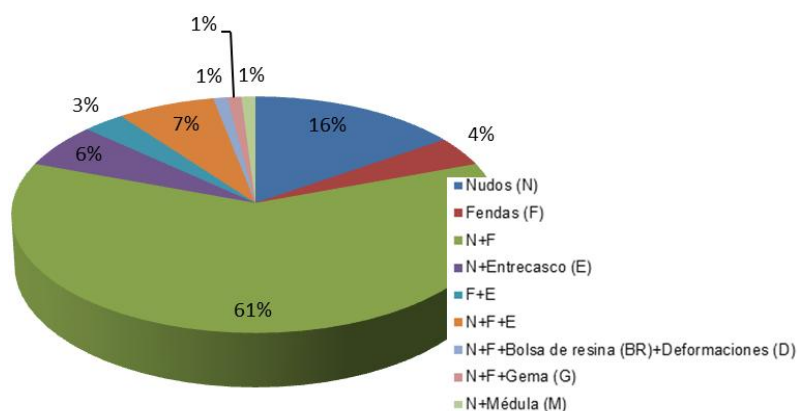


Figura 10. Principales defectos encontrados en *Pseudotsuga menziesii* (UNE56544:2011)

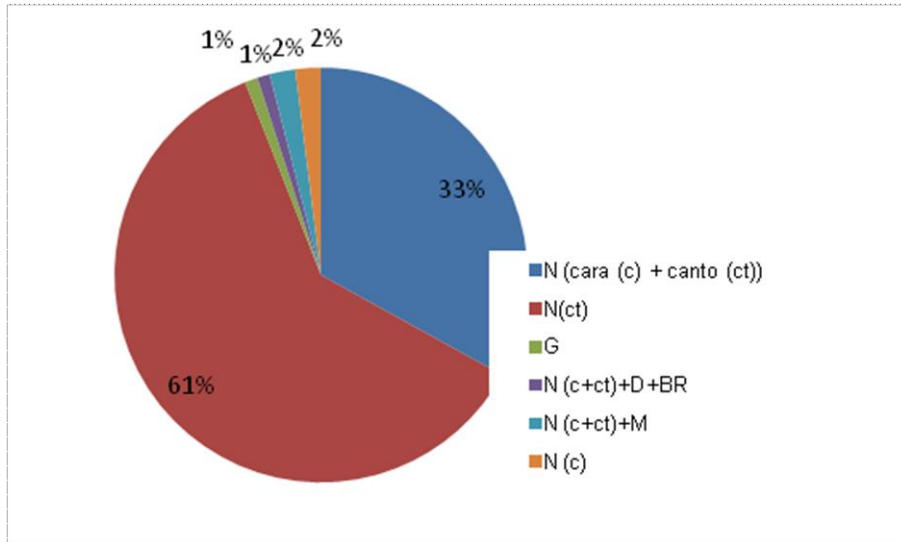


Figura 11. Principales defectos encontrados en *Pseudotsuga menziesii*
(IRAM 9662-3:2015)

De acuerdo con la Figura 10 las mayores causas de rechazos ocasionados mediante la clasificación con norma UNE 56544:2011 estuvieron representadas por nudos y fendas conjuntamente, mientras que la presencia de nudos también ocasiono una alta tasa de rechazo.

De acuerdo con la Figura 11, las mayores causas de rechazo reportadas por la norma IRAM 9662-3:2015 estuvieron representadas por nudos y en particular, nudos en el canto.

Se puede observar que en ambas clasificaciones el mayor rechazo es por la presencia de nudos.

Esto puede relacionarse, que en la región de estudio las forestaciones existentes, no han sido manejadas (poda y raleo) en el momento oportuno, extendiendo el turno de corta y disminuyendo en consecuencia, la calidad del producto final (Davel *et al.*, 2000).

Es decir, cuando el objetivo de una plantación es producir madera libre de nudos, el manejo de la misma debe ser analizado desde sus primeras etapas a fin de cumplir con dicha finalidad de la manera más eficiente (Davel *et al.*, 2000).

CONCLUSIÓN

Si bien la madera de pino oregón no es la de mayor difusión entre las carpinterías de la zona, la misma es utilizada principalmente para usos estructurales (vigas y tirantes), pero con deficientes condiciones de secado. Por lo que, si se trabaja en condiciones apropiadas de humedad y con un proceso de clasificación, presenta apropiadas prestaciones para la construcción, aunque no sería recomendada para carpintería fina.

La transformación mecánica se realiza en un aserradero que, si bien es sencillo y con pocas máquinas, posee la tecnología adecuada para producir buenos rendimientos y a la vez madera de calidad.

La recuperación de madera aserrada normalmente aumenta con el incremento del diámetro de la troza. Sin embargo esta regla no se cumplió en el mayor diámetro posiblemente debido a factores como: sistema de aserrado aplicado, defectos en trozas y conicidad.

En relación al procedimiento de secado, se puede concluir que sólo un pequeño porcentaje (1%) de piezas presentaron deformaciones (curvatura de cara y canto, abarquillado y alabeo), dando la pauta un correcto secado al aire.

Por otra parte la clasificación visual realizada concluyo en un alto porcentaje de piezas rechazadas en ambas normas, aunque con mejor eficiencia clasificatoria en la norma IRAM.

RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones esbozadas, se plantean las siguientes recomendaciones:

Playa de trozas:

-Aplicar un sistema de aspersion. Este aspecto es importante considerando que se cuenta con un curso de agua cercano al predio.

-Armar rumas de trozas clasificadas por diámetro a fin de lograr homogeneidad y disminuir tiempos durante el proceso de aserrado.

-Realizar, ficha técnica del volumen de rollizos a procesar, especie y procedencia del rodal.

Sistemas de corte:

-Ensayarse distintos sistemas de corte, según el diámetro de las trozas, a fin de lograr un rendimiento más apropiado sobre todo en las trozas de diámetros mayores.

Residuos:

-Analizar su utilización como posible fuente de biomasa e integrarlos a un futuro sistema de energía renovable en la zona, bajo diferentes formas de productos, (carbón, pellets y/o briquetas).

Contenido de humedad:

-El aserradero no cuenta con instrumental apropiado para llevar a cabo un registro del mismo. Por lo que es un punto importante a considerar, ya que dicho material sale a la venta sin un valor fijado de dicho parámetro.

Secado natural:

-Realizar seguimiento del secado natural y la confección de curvas de secado para los distintos espesores, a fin de contar con información básica sobre la pérdida periódica de agua de la madera, así como también la evaluación de la aparición de defectos relacionados al secado. De este modo, se podría contar con un material más homogéneo en calidades y aportaría a la planificación de la venta de madera seca a un contenido de humedad asegurado hacia los usuarios.

Esto da la pauta de que las normativas de secado, si bien llevan tiempo de trabajo y organización, son eficientes y no necesitan de grandes inversiones si no una buena logística y sentido común.

BIBLIOGRAFÍA

Batista, D.J.; Monteiro de Carvalho, A. 2007. Avaliação do desempenho operacional de uma serraria através de estudo do tempo, rendimento e eficiência. Sci. For., Piracicaba: 75, Pág. 31-38.

Biasi, C. 1998. Avaliação do rendimento em madeira serrada, eficiencia e custos em serria de Pinus spp. Univeridade do contestado unidade universitaria de canoinhas. Curso de Engenharia Florestal. Relatório de estágio. Pág. 15-25.

Calvi, F. 2003. Practica laboral: Rendimiento industrial y costos de producción y comercialización de la Maderera Antu Lemu S.A. A.U.S.M.A. Universidad Nacional del Comahue, 58 p.

Davel M.; Sepúlveda E. 2000. Poda en plantaciones de pino oregón. Revista Patagonia Forestal, Año VI N°1, CIEFAP, Pág. 7-10.

Davel, M.; Jovanovski, A.; Mohr Bell, D. 2005. Densidad básica de la madera de pino oregón y su relación con las condiciones de crecimiento en la Patagonia Andina Argentina. Bosque 26(3): 55-62.

Davel M. 2008. Estimación de productividad de sitio In: -Davel- (ed.), Establecimiento y manejo del pino oregón en Patagonia Esquel, Argentina CIEFAP, pág. 30-42.

EN 1310. 1997. Madera aserrada y madera en rollo. Método de medida de las singularidades. AEONOR. Madrid. 24 pp.

García Esteban, L.; Guindeo Casasús, A.; Peraza Oramas, C. & Palacios de Palacios, P. 2004. La madera y su tecnología. Ed. Mundi prensa. Fundación Conde Valle de Salazas. ALTIM. Madrid. 253 pág.

INFOR. N° 16. 1989. Principios de organización y operación del aserradero. Manual N°16 Concepción, Chile. 210 pág.

Inventario Nacional de Plantaciones Forestales. 2017. Inventario de Plantaciones en secano de Patagonia. CIEFAP-UCAR. 118 pág

IRAM 9662-3. 2015. Madera laminada encolada estructural. Clasificación visual de las tablas por resistencia. Segunda edición. Parte 3, tablas de pino taeda y elliottii (*Pinus taeda* y *elliottii*). Argentina. 15 pág.

Junta del Acuerdo de Cartagena. 1989. Manual del Grupo Andino para el Secado de la Madera. Proyecto subregional de promoción industrial de la madera para construcción. Cartagena. 230 pág.

Hollmann, D. 2014. Plan de conservación del campo experimental agroforestal Trevelin. Informe INTA, EEAf Esquel, Chubut. 42 pág.

Manejo Sustentable de Recursos Naturales Componente 2 – Plantaciones Forestales Sustentables. DPF, Ministerio de Agricultura. Argentina. 259 pág.

Roblot, G.; Coudegnat, D.; Bleron, L.; Collet, R. 2008. Evaluation of the visual stress grading standard on French Spruce (*Picea Excelsa*) and Douglas-Fir (*Pseudotsuga menziesii*) sawn timber. *Ann. For. Sci.* 65:812. 4 pág.

Tejera, L.; M. Davel. 2005. Plantación de Pino Oregón. *Revista Forestal* 8. INTA. Pág. 31-34.

UNE 56544. 2011. Clasificación visual de la madera aserrada para uso estructural. Madera de coníferas. AENOR. Madrid. 22 pág.