

MEJORA DE LA CALIDAD DE SECADO DE MADERA ASERRADA DE *PINUS SPP.* MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA

IMPROVEMENT OF QUALITY KILN DRYING OF *Pinus spp.* APPLYING BEST PRACTICES OF MANUFACTURE

Marek Marcelo ¹
Hildt Eduardo ²
Kramer Carlos ³

Fecha recepción: 20/09/2013
Fecha de aceptación: 17/12/2013

1. Ing. Forestal – Docente de Facultad de Ciencias Forestales – Universidad Nacional de Misiones. Evaluador de Rol “Operador de cámara de secado de la madera”, acreditado por Organismo Certificador Sectorial Trabajadores de la Madera, AFOA/RITIM/FAIMA/USIMRA. (<http://cert-labor-madera.org.ar>). Bertoni 124 – Eldorado – Misiones-mmarek@facfor.unam.edu.ar – marcelo_marek@yahoo.de
2. Ing. Forestal – Universidad Nacional de Misiones. eduardohildt@gmail.com - <http://www.facfor.unam.edu.ar>
3. Jefe de planta Aserradero Aguilar SRL. Ruta Prov. 17, km. 17, 9 de Julio, Misiones.

ABSTRACT

The main of this work - carried out in industrial conditions - was to study the effect of the implementation of good manufacturing practices (GMP) and installation of baffles to improve air circulation in conventional drying wood of *Pinus spp.* and quantify the upturn in dried lumber quality, according to criteria established for requirement industrial use of wood. We found significant differences between treatments "before improvements" and "after-improvement", for all response variable: twisted wood percentage, percentage wet wood and air speed, in conventional drying of Wood in Misiones, Argentina.

Key-words: timber; drying quality, *Pinus spp*, twist.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo de investigación, llevado a cabo en condiciones industriales, fue el de estudiar el efecto de la implementación de buenas prácticas de manufactura (BPM); de la instalación de deflectores para mejorar la circulación del aire en el secado convencional de madera de *Pinus spp.* y cuantificar las mejoras en la calidad del producto, según criterios establecidos por las exigencias de uso industrial de la madera. A través de los datos obtenidos, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos “antes de las mejoras”, y “después de las mejoras” en todas las variables respuestas: porcentaje de madera alabeada, porcentaje de madera húmeda y velocidad del aire; en secaderos de madera del tipo convencional en Misiones, Argentina.

Palabras-claves: madera, calidad de secado, *Pinus spp*, alabeos

INTRODUCCIÓN

Un secado eficiente es fundamental para proveer productos de alto valor agregado, así como

para elevar la competitividad de la industria. Esto último responde a que el secado de la madera es el proceso industrial que mayor tiempo y energía consume y el que más fuerte impacto tiene si no se lo aplica adecuadamente. Disminuir los tiempos de secado manteniendo la calidad de la madera seca lograda redundará en mayor productividad y menores costos energéticos (UNPRE, 2006).

El uso industrial de la madera aserrada exige la adecuación del contenido de humedad de la madera a valores que oscilan entre el 8 y 12% según su utilidad. Durante la eliminación del agua, la madera puede sufrir cambios no deseados en su forma (deformaciones) y otros defectos. Si éstos no son controlados es posible que la madera se convierta en un material no apropiado para los diversos usos a que podría destinarse, ya que la aparición de defectos tales como grietas, rajaduras y deformaciones limita sus aplicaciones y propicia su reemplazo por otros materiales más estables respecto de sus dimensiones (ATENCIÓN, TESTADIFERRO, 2000).

Bajo las actuales condiciones de alta competitividad, la rentabilidad de la actividad industrial depende fuertemente de la generación de conocimiento y optimización de los procesos de transformación de la madera. El proceso de secado de la madera aserrada no escapa a ello y se plantean

pautas básicas operacionales, las cuales son: a) **Antes de comenzar el proceso:** Conocer las características de la materia prima; calidad de los separadores y en correcta acomodación; formación de la carga (deflectores, pérdidas de aire), madera fresca o madera oreada, y los aspectos básicos como secar espesores uniformes, y en lo posible segregar madera central y lateral. A esto se suma el contar con operadores capacitados y un mantenimiento adecuado (preventivo antes que reactivo); b) **Durante el proceso de secado:** Calentar y no secar al principio; lograr condiciones estables de temperatura bulbo seco (TBS) - temperatura bulbo húmedo (TBH), buen control de la TBH, acondicionar con humedad relativa (HR) mayor a 85% para que sea efectivo, establecer la diferencia psicométrica adecuada, condiciones de energía (fluctuaciones de presión y caudal), entre otros; y finalmente c) **Después del secado:** enfriar controladamente, control y monitoreo de la humedad post secado y lograr una retroalimentación constante de la calidad del secado lograda en cada ciclo, informada mediante algún indicador representativo de la misma (PEZO, 2008).

Gran parte del éxito de la calidad del secado está en la formación de la carga y la acomodación de los separadores de la madera. Contar con los separadores alineados significa: flujo de aire más uniforme a través de carga, con un consecuente secado más uniforme (menos dispersión de humedad final y menos puntos o zonas húmedas), peso que se transmite en forma más uniforme entre los paquetes y se obtiene madera sin deformaciones que impidan su procesamiento, menos pérdida de carga al paso del aire, lo que se traduce en mayor velocidad útil y por tanto menor tiempo de secado (más productividad y menos costo operacional), mayor estabilidad mecánica de la carga, mayor vida útil (más rotaciones) de los separadores, y consecuente menor gasto en ellos, entre otros beneficios. El fabricante de cámaras de secado MAHILD recomienda incorporar esta variable (alineamiento de separadores) en los procedimientos estándares de control estadísticos de procesos de cada planta (PEZO, 2007).

Para un mejor control en la planta industrial, es importante cuantificar la incidencia de estos defectos, para poder evaluar técnica y económicamente una alternativa que mejore la performance de los equipos, disminuyendo los defectos, y así mismo determinar el periodo de recupero de la inversión necesaria. Para esto se aplican diversas mejoras tecnológicas, tanto “duras” como ser mejoras de las instalaciones equipamiento, como as también “blandas”, como el manejo del programa de secado, implementación de buenas prácticas de manufactura (BPM), y control de proceso. Estas están íntimamente relacionadas por la complejidad del secado, lo que hace necesaria la aplicación de un amplio espectro de mejoras. Es frecuente que el industrial intente solucionar los problemas de secado mediante ajustes en el

controlador del secadero o del “programa de secado”; y no tenga en cuenta aspectos del sentido común, como ser la calidad de estibado de madera, hermeticidad de la cámara de secado, estado de los burletes, correcto cierre de las ventilas, funcionamiento de los ventiladores, uso de deflectores, entre diversos factores técnicos (SIMPSON, 1991; WHITE, 1995).

En general, el aire tenderá a fluir por donde encuentre menor resistencia, por lo tanto en el caso de no tener deflectores o de haber vanos producidos por un deficiente armado de la carga, la velocidad del aire en ese “*by pass*” puede alcanzar valores muy altos de entre 4 a 6 m/s, lo que resulta en un flujo reducido y distorsionado dentro del paquete de madera. Como se produce una alteración del flujo de aire, esto se manifiesta en una menor transferencia de calor que conlleva a una falta de uniformidad en el secado y en el contenido de humedad final (WHITE, 1995).

Indica PEZO (2009b), que disminuir la pérdida de aire por “*by pass*” se traduce en mayor calidad y productividad, y que en una cámara normalmente entre el 30% a 60% del aire se pierde debido a que no se bloquean adecuadamente todos los espacios por donde se pierde el aire.

Es importante que los operadores de secaderos apliquen algunas BPM que puedan ser usadas diariamente, sin la necesidad de llevar a cabo estudios específicos que interfieren con la producción (MILOTA et al, 1991).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las mejoras en la calidad de la madera seca, a escala industrial, poniendo en práctica algunas BPM referidas a la colocación de separadores, estibado de la carga, e implementación de deflectores para disminuir el *by pass* del aire, independiente de la mejora del programa de secado.

Gran parte de esta información se sustenta en aspectos prácticos de operación y bibliografía específica, así como en recomendaciones técnicas de fabricantes de secaderos de madera (HILDEBRANDT, 1970; MILOTA et al, 1991; PEZO, 2007).

Este trabajo también tiene por finalidad generar una referencia sobre BPM para los operadores de secado, explicando en un lenguaje muy sencillo e incluso gráficamente como éstas afectan a la calidad del secado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de las cámaras estudiadas

El presente trabajo se llevó a cabo con dos cámaras de secado de 40 m³ de capacidad. Los equipos pertenecen a un aserradero de la zona norte de Misiones, de unos 15-16 años de antigüedad. Cuentan con automatización GANN y MARRARI. El sistema de carga de madera está conformado por zorras sobre rieles. Respecto a los aspectos

constructivos, ambas son del tipo mixto con dos paredes de 150 mm de ladrillos prensados a la vista, y una capa intermedia de poliestireno expandido (EPS) de alta densidad de 50 mm. Las puertas de chapa de aluminio tienen un espesor aproximado de 0,9 mm, con aislante de lana de vidrio de unos 100 mm de espesor.

El estado de las cámaras es bueno, con un correcto funcionamiento de la automatización (termómetros, psicrómetro, sensores de humedad, cableado), así como también los ventiladores, actuadores de ventilas, electroválvulas. Esto fue verificado en el trabajo de asesoramiento técnico efectuado, como primera medida. Es importante destacar que la empresa no utiliza contrapesos sobre las cargas de madera a secar.

Como particularidad debe destacarse que, durante el periodo de estudio, estas cámaras estaban abastecidas por vapor proveniente de una caldera humotubular con una capacidad de 2.000 kg/h de vapor, con alimentación de combustible sólido (costaneros y desputes), mezclado con aserrín seco, pero realizado en forma manual, lo que no favorecía lograr una presión uniforme, especialmente durante las horas sin supervisión.

Relevamiento de datos

El relevamiento de los datos fue realizado durante 3 meses, correspondiendo a la actividad de clasificación por calidad de la madera (cuantificación de maderas con defectos obtenida luego de cada ciclo de secado). El relevamiento fue realizado sobre tablas de *Pinus spp* de " de espesor nominal (real, 29 mm), en su totalidad y anchos también nominales de 4" y 5" (0 y 35 mm), correspondiente al 80 % de los anchos producidos, por ser la escuadría objetivo, buscada para ser utilizada en la producción de madera machihembrada en la misma empresa. La madera es obtenida a partir de un esquema de corte con sierra gemela, procesando la semibasa en una sierra circular múltiple, sin presentar grandes desviaciones del corte y teniendo un espesor uniforme.

Para registrar la variable respuesta, se determinó el volumen del total de piezas defectuosas, y se lo dividió por el volumen total de la carga, obteniéndose la proporción de falla de cada tipo de defecto: madera húmeda, madera torcida. Esto se registró durante el desarme y clasificación de la madera realizada por los operarios al finalizar el secado, según criterios internos de la empresa. Es importante mencionar que se logró la trazabilidad en el estudio, dado que no mezcló madera proveniente de diferentes ciclos de secado. Los datos fueron analizados utilizando una planilla de cálculo, para determinar los porcentajes de madera defectuosa según sus causas. Estos datos fueron utilizados para evaluar una inversión en mejoras, mediante la incorporación de deflectores rebatibles de chapa,

siendo de uso interno de la empresa durante algunos años y posibilitándose su publicación recientemente. Los datos fueron analizados por medio del análisis de la varianza realizado con el software INFOSTAT (DI RIENZO J.A et al, 2012).

Metodología

Condiciones de la cámara o variables independientes:

Para llevar adelante el relevamiento de las condiciones de trabajo existentes se creó un formulario siguiendo las pautas fijadas por la bibliografía de referencia (MILOTA et al; 1991, PEZO, 2007), según el diagnóstico de las necesidades de mejora, y la experiencia práctica en el tema. Se relevaron las siguientes variables:

1. Calidad de estibado o conformación de la carga de madera: Como se mencionó anteriormente, esto determina en gran medida un buen secado. Si bien esto involucra muchos conceptos, se tuvieron en cuenta los siguientes, detallados parcialmente en Anexo 1:
 - a) Empalme de los paquetes para conformar la carga con el largo exacto del secadero.
 - b) Alineación a plomo de los separadores o palillos.
 - c) Colocación de tacos entre paquetes de madera.
 - d) Superficie lateral de los paquetes, al borde de la zorra.
 - e) Espaciamiento entre estibas de paquetes de una misma zorra.
 - f) Bloqueo de los espacios entre paquetes, generados por los tacos, en la parte lateral de la carga.
2. Presencia o no de mejoras en las instalaciones (deflectores laterales, superiores).

Para lograr la implementación de las mejoras en el secadero se trabajó en conjunto con el sector de mantenimiento para construir e instalar las mejoras, como por ejemplo los deflectores que se hicieron primeramente de madera, a modo de prueba, para hacerlos de chapa una vez alcanzados resultados favorables.

Con el sector de supervisión de producción se trabajó en mejorar los aspectos básicos del secado y en la implementación de las BPM, mejorándose el estibado de madera y alineación de separadores en el sector aserradero; así como también con los operadores de secado-calderistas para conseguir una mejor carga de la zorra, tapar el espacio generado por los tacos, y otros, como se indica en Anexo I. Para ello se trabajó en la redacción de materiales didácticos e instructivos, en la capacitación "*in company*" y mediante auditorías externas del consultor. Posteriormente a la implementación de las mejoras, se procedió a analizar estadísticamente la ocurrencia de madera no conforme, con el objetivo de determinar si hubo o no alguna evolución.

Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente Aleatorizado; aplicando dos tratamientos: (ANTES y DESPUES de la aplicación de las mejoras), realizando 6 repeticiones por tratamiento.

Si bien se trata de solo dos tratamientos, y se podría realizar un Test de medias, se optó por utilizar el Análisis de Variancia (ANDEVA) como una metodología apropiada a ser utilizada en otros tratamientos o bloqueos que se puedan utilizar en futuros estudios.

Supuestos del experimento:

1) Producto uniforme: En todo el estudio se utilizó madera de Pino con espesor nominal y ancho nominal de 4" y 5", destinada a la producción de machimbres.

2) El programa de secado utilizado fue constante durante todo el experimento: Dado que la empresa prácticamente seca el mismo tipo de producto, utilizando siempre la misma curva y aplicando únicamente leves ajustes. En este caso se trató de no alterar aspectos sustanciales del programa de secado.

Variables respuesta:

Como variables respuesta se consideraron dos aspectos que podrían tener una relación con los factores a ser estudiados indicados anteriormente.

1. Velocidad del aire: es la velocidad del aire registrada a la salida del paquete, tomando un valor promedio de 9 posiciones (al medio de la carga y a sus extremos, a tres alturas diferentes), utilizando un anemómetro digital manual portátil, de turbina separada Marca Prova AVM-01.
2. Defectos de secado según normas internas: Un conjunto de pautas de clasificación empíricas y que pueden resumirse en 3 variables respuestas:
 - a) Tablas deformadas: Piezas que por deformación no pueden ser procesadas en la moldurera, ya que no producirían una pieza de machimbre cepillado en todas sus caras (incluye combadura, alabeos, abarquillado). Estas piezas deformadas pueden provenir de dos zonas de la carga.
 - a. Deformadas de la primera cámara del último paquete: es la madera que está en la parte superior de la última estiba, (la cual carece de un peso que la mantenga estable) y está sujeta a una mayor exigencia de secado, por haber una mayor circulación de aire entre la estiba y el entretecho (ante la carencia de deflectores superiores rebatibles en el entretecho)
 - b. Deformadas de interior del paquete: son las piezas que a pesar de estar presionadas por tablas superiores y separadores o tacos, de todos modos se deforman. Están asociadas a deficiencias en la alineación de separadores (calidad de carga) y características propias del leño (posición

de medula excéntrica, verticilos, albura duramen, madera juvenil, tensiones).

- b) Humedad por sobre el 16 %, medida con un Xilohigrómetro Wagner MMC220, portátil, usado por el operario encargado de la clasificación. Se rechazan piezas por encima del 16 % por producir defectos de cepillado en el machimbre y eventuales problemas de mancha azul e denomina "piezas úmedas"

Como se mencionó anteriormente, las tablas alabeadas o deformadas (llamadas en la empresa con el término "torcidas") pasan a ser piezas de segunda calidad, que se vende a un 60% de su precio real y que constituye un material de difícil venta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla N° 1 se presentan los valores de las variables medidas para las distintas repeticiones de los tratamientos. A continuación se analizan estadísticamente las distintas variables.

El resultado de los análisis de varianza indica que para las tres variables evaluadas (Tablas torcidas, Tablas húmedas y Velocidad del aire, existen diferencias estadísticamente significativas al 5% de probabilidad entre los tratamientos aplicados. (ANTES y DESPUES de la aplicación de las mejoras). En todos los casos se han cumplido los supuestos de homogeneidad de las varianzas y normalidad de los residuos comprobados por medio del Test de Levene y el Test de normalidad de Shapiro-Wilks. La Tabla 2 presenta los resultados de los test de medias utilizado para comparar ambas situaciones.

Respecto a la incidencia de deformaciones, el Test de Tukey muestra que la aplicación de las mejoras (tratamiento "DE PUE ") disminuyó significativa la proporción total de tablas rechazadas por deformaciones. Estos resultados fueron acordes a los trabajos llevados a cabo por DENIG et al; 1988 y PEZO, 2009.

La proporción de la madera deformada/alabeada de la primera capa del paquete superior paso de 1,87% a un 1,11%, lo que representa una disminución de un 76%. Esta madera, al no tener contrapesos, es susceptible de sufrir deformaciones, por lo que debe ser descartada. Debido a esto, es de suma importancia disminuir su incidencia para mejorar los rendimientos y disminuir los costos productivos. Respecto a las piezas denominadas "deformados interiores", estas pasaron de 2, 0% a 1,04 %, lo que representa una disminución superior al 100 %. En este caso es importante mencionar que esta madera puede ser reaprovechada para largos inferiores, pero esto acarrea un perjuicio económico y falencias en la planificación de la producción.

Tabla 1: Indicadores de calidad “Antes” y “Después” de las mejoras y su incremento, expresados en porcentaje de la carga (%), y velocidad del viento (m/s)

Table 1: Quality indicators "Before" and "After" of the improvements and they increase, expressed as a percentage of the load (%) and air speed (m/s)

Trat.	Nº carga	Deformadas superior	Deformadas Internas	Deformaciones Totales	Tablas Húmedas	Vel. del aire
	Repetición	[%] {1}	[%] {2}	[%] {3}	[%] {4}	[m/s] {5}
ANTES	1	1,80	2,51	4,30	3,15	s/d
ANTES	2	1,90	1,77	3,67	2,65	s/d
ANTES	3	1,68	2,44	4,13	4,68	3,84
ANTES	4	1,77	2,21	3,98	1,56	3,15
ANTES	5	2,13	2,45	4,58	5,15	3,12
ANTES	6	1,96	1,20	3,16	2,86	3,45
DESPUES	1	0,88	0,87	1,74	1,46	3,80
DESPUES	2	0,98	0,53	1,52	1,05	3,79
DESPUES	3	1,12	1,46	2,58	1,92	3,79
DESPUES	4	1,11	1,43	2,54	0,21	3,47
DESPUES	5	1,20	0,92	2,12	1,95	3,78
DESPUES	6	1,38	1,02	2,40	1,57	4,22

Respecto a la ocurrencia de rechazos por exceso en el contenido de humedad, el Test de Tukey indica que la aplicación de las mejoras (tratamiento “DE PUÉ”) generó una disminución significativa en la proporción total de tablas rechazadas por exceso de humedad. En términos de mejoras desde el punto de vista industrial, se logro disminuir la proporción de madera húmeda de 3,34% a 1,36 %.

La necesidad de resecar la madera húmeda, aunque no deteriora la madera, en definitiva es un reproceso que significa un sobrecosto y complicaciones operativas: Esta madera húmeda no puede ser secada junto a la madera verde - *por lo cual se reseca* -, o esperar a completar una carga de madera húmeda, - *lo cual acarrea el riesgo de que se deteriore por mancha azul el material acumulado* - y también produce una discontinuidad del flujo productivo, por falta de materia prima para maquinar, lo que genera tiempos improductivos.

Un aspecto que merece un análisis más profundo es la menor dispersión de los valores de excesiva humedad. La heterogeneidad de la humeada

se redujo pasando el desvío estándar de 1,33 a 0,65; lo que significa mayor homogeneidad de la humedad en general y una mejor calidad del secado.

Para la velocidad de circulación del aire en relación a las modificaciones, el Test de Tukey indica que la aplicación de las mejoras (tratamiento “Después”) generó una mejora significativa en la velocidad de circulación del aire. Esta mejora en la circulación del aire está relacionada a un contenido de humedad más homogéneo, pues el efecto de “encausamiento” del aire producido por los deflectores obliga a que un mayor volumen de aire pase de forma uniforme a través de la madera que se está secado, evitando que se escape por los diferentes “by pass” (PEZO, 2007; MAREK, 20 4) Esto redundo en una madera seca con mayor homogeneidad, evita zonas de la carga húmedas, y en definitiva acelera el proceso pues lo optimiza. Partiendo de que el proceso de secado tiene un costo horario aproximado de 133 a 155 \$/h (MAREK, 2013), cualquier reducción del tiempo insumido significa importantes ahorros anuales.

Tabla 2: Resultados del Test de Tukey al 5% de probabilidad. Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas

Table 2: Results of Tukey test at 5% probability. Different letters denotes statistically significant differences

Trat.	Deformaciones Totales	Piezas Húmedas	Vel. del aire
	Media (%)	Media (%)	Media (%)
ANTES	3,97 A	3,34 A	3,39 A
DESPUES	2,15 B	1,36 B	3,81 B

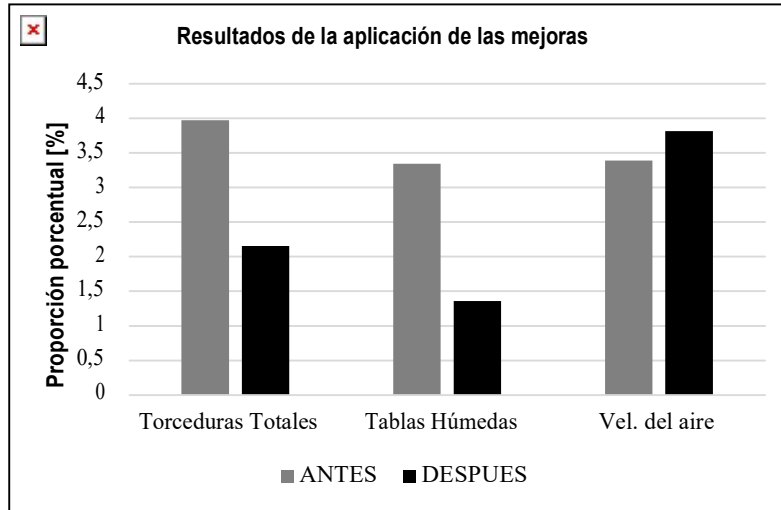


Gráfico: Comparación de las variables respuestas antes y después de las mejoras
 Graphic: Comparison of the results before and after improvements

CONCLUSIONES

Las mejoras en las instalaciones de secado tuvieron un efecto positivo en el desempeño de los secaderos de madera, mejorando la velocidad del aire, y los indicadores de calidad tenidos en cuenta por la empresa para sus exigencias técnicas de uso, logrando una reducción de madera “no conforme” cercana al 50 % de la existente previamente a la aplicación de las mejoras indicadas en el trabajo.

Se logró reducir la proporción de madera deformada y de madera húmeda, que son los principales aspectos indeseables del secado, los cuales las empresas constantemente buscan reducir, para lograr un mejor grado de aprovechamiento de la madera seca en el procesamiento de remanufactura.

El hecho de que los defectos de secado disminuyeran a la mitad justifica ampliamente la mejora en el sector mediante la implementación de las BPM, instalación de deflectores y su correcto uso en cada ciclo de secado. Las mejoras obtenidas apoyan la decisión de la empresa de solicitar asistencia técnica y de apostar a la capacitación del personal como una fuente de mejora continua de los procesos.

Como conclusión, se ratifica la importancia de incorporar conocimiento técnico y profesional en el proceso de secado; y vinculado a este trabajo

profesional, la necesidad e importancia de llevar el control de indicadores de desempeño.

BIBLIOGRAFÍA

ATENCIA, M. E.; Testadiferro, C. K. Optimización de procesos de secado de maderas

de empresas madereras. Centro de Investigación y

Desarrollo de la Industria de la Madera y Afines (CITEMA) Instituto Nacional de Tecnología Industrial – Boletín INTI-CITEMA Octubre 2000.
 DENIG, J.; HANOVER, S. Y HART, C.; 1988. Kiln Drying Southern Yellow Pine Lumber.
 DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA ROBLEDO C.W. InfoStat versión 2012. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

HILDEBRANDT, 1970. Kiln Drying of Saw Timber. Nürtinger, Alemania

MAREK, 2013. Costo estándar y costo horario de sector caldera y secado. Trabajo de Consultoría Aserradero Puerta de Misiones SRL – Trabajo inédito.

MAREK, 20 4 Medición del “by pass” en secaderos de madera (mediante Anemómetro Testo 405) – Simulación de by pass. RRA Renewable Resource Associates, Inc. EEUU – Trabajo inédito.

MILOTA, M.; Boone, R.; Danielson, J. Y Huber, D.; 1991. “Quality Drying pf oftwood Lumber: Guidebook and C ecklist” Gen Tec Rep FPL-IMP-GTR-1, Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Forest Products Laboratory. 50 p.

PEZO, J.; 2009a. “Un tema básico del secado” “BOLETIN TECNICO N° 45, Mayo 2009 ” Mahild Drying Technologies GMBH - Meisenweg 1 72622 Nürtinger, Alemania.

PEZO, J.; 2007. “Secado de Madera” Mahild Drying Technologies GMBH - Meisenweg 1 72622 Nürtinger, Alemania.

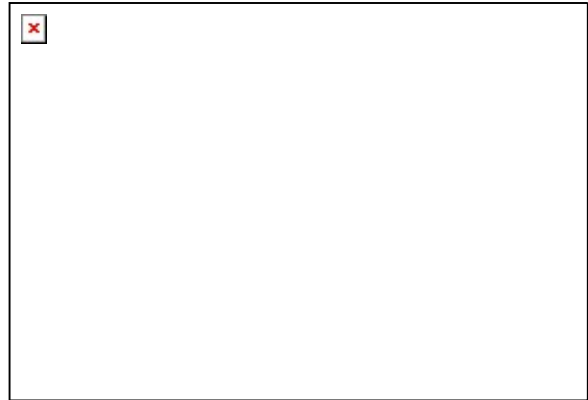
PEZO, J.; 2008. “BOLETIN TECNICO N° 29 Enero 2008” Mahild Drying Technologies GMBH - Meisenweg 1 72622 Nürtinger, Alemania.

- PEZO, J. ; 2009b “BOLETIN TECNICO N° 42
Febrero 2009- ALGUNAS REALIDADES EN
EL PROCESO DE SECADO” Mahild. Mahild
Drying Technologies GMBH - Meisenweg 1
72622 Nürtinger, Alemania.
- SIMPSON, 1991 Dry Kiln Operator's Manual -
Forest Products Laboratory – USDA. Publication:
USDA Agricultural Handbook AH-188, Accedido
10-2-2010 en:
[http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/usda/ah188/cha
pter05.pdf](http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/usda/ah188/cha
pter05.pdf)
- UNPRE, 2006. Capacidad de secado en la industria
forestal de la provincia de Misiones. Estudio
1.EE.278 - Consultoría Individual Unidad de
Preinversión (UNPRE) Programa Multisectorial
de Preinversión II- Préstamo BID 925 OC-AR -
Secretaría de Política Económica Ministerio de
Economía y Producción de la Nación
- WHITE, Tom; 1995 “What's so baffling about kiln
baffles” American Wood Dryers, Inc Clackamas,
Oregon.

ANEXO I: CALIDAD DE APILADO DE MADERA

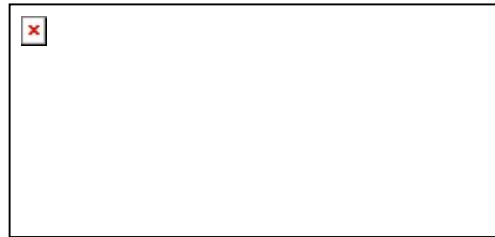
- a) Empalme de los paquetes para acomodar cargas cortas:

Si fuera posible, todos los paquetes deben tener la misma longitud. Cuando esto no es posible, los paquetes más cortos se deben colocar en la parte superior de los paquetes más largos. Si hay paquetes más cortos tienen que ser puestos escalonados de manera que no se dejen huecos. Se evalúa gráficamente según el siguiente esquema



- b) Alineación de los palillos o separadores

Esto es importante porque si los separadores no están alineados, las tablas se deforman por el propio peso, y se secan bajo esas condiciones; originando defectos de cepillado.



Método de chequeo de alineación de los separadores, sosteniendo un separador verticalmente frente a la columna de separadores. Ejemplos de abajo, los separadores en color negro están desalineados.

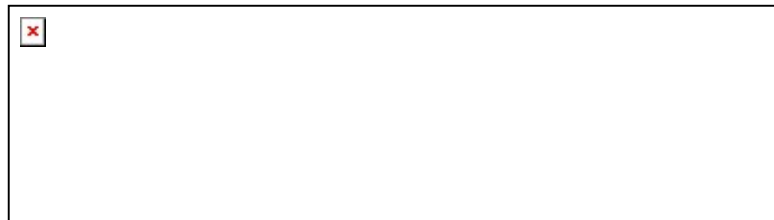


Bien alineados

Mal alineados

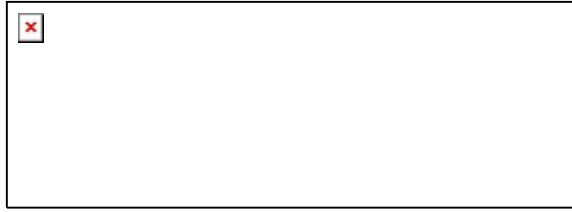
- c) Correcta colocación de tacos

Los tacos deben ser colocados alienados con los separadores. Esto asegura que el peso se transfiera a través de la columna de separadores, sin causar arqueaduras o deformaciones en la madera.



- d) Mejor armado superficie de los paquetes, al borde de la zorra

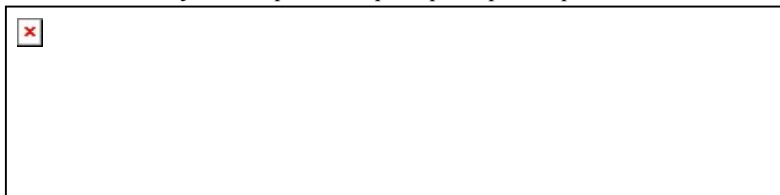
Laterales del paquete desperejos producen un flujo de aire no uniforme. La desalineación de los laterales en lo posible debe ser menor de 3 cm. (La longitud de las flechas es proporcional al flujo de aire)



e) Espaciamiento entre estibas de paquetes de una misma zorra

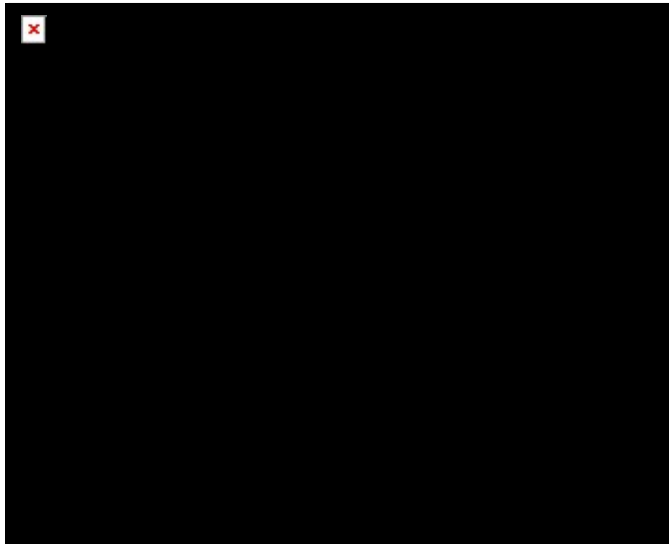
En el armado de las dos estibas por zorra es importante verificar que el aire pase fácilmente de un paquete al adyacente. El operador de carga debe dejar un espacio de 50 a 75 mm para permitir que esto actúe como colector entre los dos paquetes, especialmente si no se puede ver de un lado al otro, porque hay diferencias en altura como se ve en la figura. Esto permite que el aire atraviese el primer paquete y que la "cámara" proporcione un flujo de aire uniforme a través del segundo paquete.

La cámara o chimenea debe estar cerrada en la parte superior, empujando con la uña de la máquina 1 o 2 camadas de tablas; de lo contrario, el flujo de aire puede escaparse por la parte superior.



Chimenea para el flujo a través de la estiba. (La longitud de las flechas es proporcional al flujo de aire)

f) Deflectores:



Los deflectores tienen la función de dirigir el aire a través de la madera, en lugar de dejarlo ir alrededor de los extremos de los paquetes o por la parte superior, o inferior de la carga. No colocarlos ocasiona la ocurrencia de madera muy seca en la parte superior, y un secado desigual, además de que se requiere mayor tiempo de secado, y se produce un malgasto de la energía.

Los deflectores deben ser colocados al ras contra toda la carga y ser asegurados para que no se muevan durante el secado. Como la madera se contrae en el secado, la carga reduce su altura, por lo que el deflector debe tener una articulación que le permita bajar.