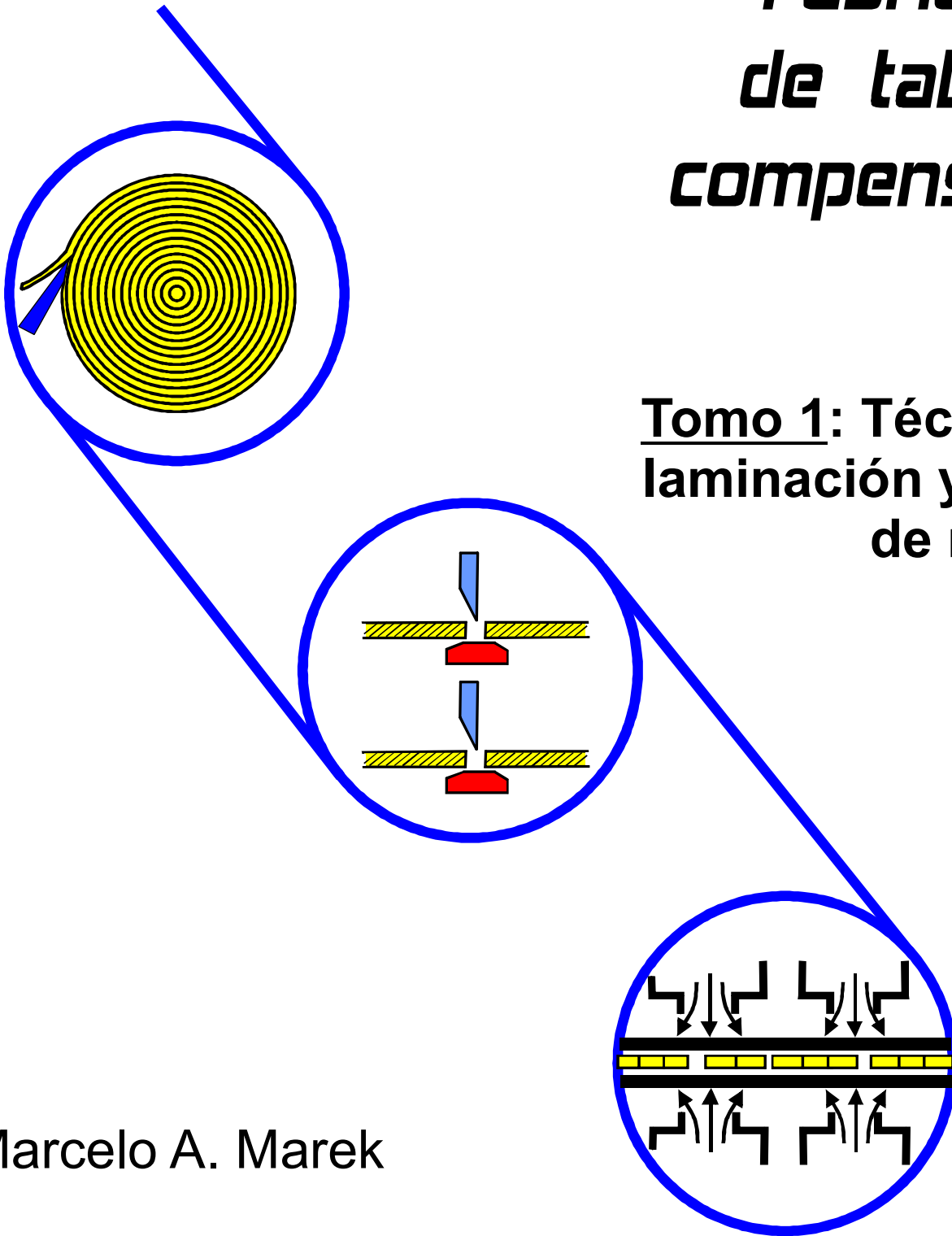


Fabricación de tableros compensados

Tomo 1: Técnicas de laminación y secado de maderas



Marcelo A. Marek

INDICE GENERAL

1- Introducción	1
a- Definición	1
b- Breve historia	1
c- Volúmenes de producción mundial - Fábricas en la Mesopotamia Argentina	2
2- Producción de láminas	2
a- Materia prima	2
b- Especificaciones de materia prima – ejemplo específicos	2
c- Sistema de medición metro cúbico Alto Parana (m³ AP) – Especies utilizadas en Misiones	3
d- Estacionamiento y playas de acopio	3
e- Preparación de la materia prima	4
* Estacionamiento	4
* Conservación en agua	4
* Descortezado	4
f- Cocción de trozas	4
* Introducción	4
* Tipos de Cocción – Ventaja de la cocción (Tabla)	5
* Factores que influyen en la cocción; diámetro, temperatura, cont. de humedad, densidad, método	6
* Modificaciones permanentes que provoca la cocción en las Maderas	6
* Cocción de las trozas, según la densidad de la madera	8
* Tiempo de cocción de las trozas	8
* Efecto de la densidad o peso específico de la madera	8
* Contenido de humedad del rollo	9
* Formula para calcular la duración del tratamiento térmico	9
* Dimensionado de piletas de cocción	9
* ¿Cómo se cocina la madera en Misiones?	9
g- Laminado	10
* Sección laminado	10
- Sistema constructivo de los tornos	10
- Rotación del torno	11
- Tecnología del laminado	11
<i>Velocidad de corte</i>	11
<i>Forma de la barra de presión</i>	12
<i>Posición de la barra de presión</i>	12
<i>Angulo de corte de la cuchilla</i>	12
<i>Posición de la cuchilla, su regulación y montaje</i>	13
- Rendimiento del laminado	14
<i>Tamaño de meollos o roletes</i>	14
<i>Calculo de rendimiento en láminas</i>	14
<i>Medición de la longitud de la lámina</i>	14
- Notas sobre máquinas y procesos	16
Centrado de trozas	16
<i>Centrador mecanico</i>	17
<i>Centrado electrónico: Scanners fijos y móviles</i>	16
- Rodillos tractores	19
- Tornos para meollos y tornos sin mordazas	19
- Sistemas de monitoreo y control del proceso	19
- Elementos bases para la producción rentable de láminas (20
- Calidad de laminado: Problemas, causas y soluciones a varios defectos.	20
- Manejo de operaciones	22
h- Guillotinado	23
* Paso de torno a guillotina	23
* Tipos de guillotinas	23
- Convencional	23
- Rotativa	24
* Mejoramiento del guillotinado	24
- Guillotina Twin	24
* Dimensiones de tableros	24
* Nuevas tecnología en guillotina y apilador de láminas	25
* Clasificación verde	26
i- Secado de láminas	26
* Introducción	26
* Algunas de las propiedades de la lámina que afectan al secado	27
* Algunas condiciones del secadero que pueden afectar al secado	27
* Física del Secado de la lámina	27
* Tipos de secaderos	30
- Secaderos de rodillos	
- Secaderos de malla continua	31
- Secaderos chorro de aire caliente: Jet Dryers o secaderos de toberas o chorro	32
<i>Secadero de laminas modular (Raute)</i>	34
<i>Sistemas de control</i>	35
<i>Cargadores y descargadores de Secaderos</i>	35

Secadero ET® de Colombo&Cremona	35
j- Organización de diferentes líneas de producción	37
* Línea de laminado de trozas pequeños (140-400 mm)	37
* Línea de laminado para grandes diámetros (>800 mm)	37
* Bobinado y cizallado	38

4- Bibliografía

56



2º Edición - Setiembre de 2016.

Resumen

En esta edición se han corregido errores de concepto, tipeo y actualizado la técnica. Se ha ordenado el material siguiendo el orden de fabricación y se lo ha enriquecido mediante consultas a bibliografía especializada. Se ha puesto importante énfasis al aprovechamiento de la materia prima.

Cualquier corrección o sugerencia, sírvase dirigirse al mail mmarek@facfor.unam.edu.ar.

Se permite el uso del material citando las fuentes



Facultad de Ciencias Forestales
Universidad Nacional de Misiones
Bertoni 124 – Eldorado - Misiones

Autor:

Ing. Forestal Marcelo A. Marek – Ayudante de
Cátedra de Laminado y Compensados – Producción de Láminas
y Tableros – Industrias Forestales I
<http://www.facfor.unam.edu.ar>



1- Introducción

El objetivo del presente apunte es de enriquecer y actualizar el material existente en biblioteca y recopilar algunos datos de la producción local de este tipo de industria.

Por otro lado, se quiere divulgar el texto con material extranjero que en general no se conoce en la región, y que constituye la tecnología de punta.

El material se ha extraído de reconocidos libros específicos del tema, en inglés y alemán, clásicos de más de 30 años de su edición inicial, pero con actualizaciones. Estos libros, a pesar de los años transcurridos nunca han sido traducidos al castellano, y como avanza la información, no se traducirán más. Por ello es de suma importancia poder tener conocimientos del idioma inglés, transversal para todo el nivel de conocimiento.

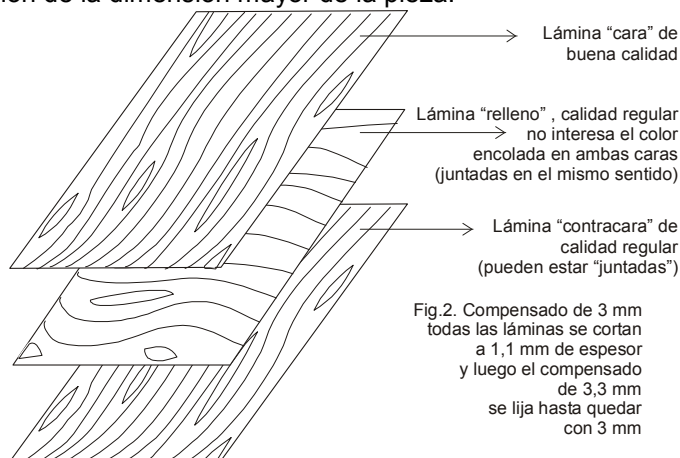
Se dan algunas pautas de regulación de torno, pero no se profundiza mucho, citando bibliografía específica en idioma portugués que se conoce en la cátedra. Se cita la bibliografía específica consultada.

Este material no quiere ser la única fuente consultada por parte del estudiante, sino de un mapa conceptual para ser enriquecido por lectura de bibliografía en idiomas extranjeros. Solamente sabiendo inglés se podría tener las bases para alcanzar niveles de información recientes y claros, en todas las áreas.

Al material se suman modernas revistas, folletos y páginas de Raute, Fezer y Angelo Cremona, entre otras. Se presenta internet, ilimitada fuente de información si se sabe buscar. Youtube.com es una fuente permanente de material didáctico y "visitas virtuales".

a- Definición

De acuerdo a la Norma IRAM 9502, la madera compensada es el material elaborado con 3 o más láminas de madera encoladas, que llevan la dirección del grano cruzadas entre sí respecto de la lámina central, con el fin de distribuir la resistencia longitudinal y compensar la deformación. Sus caras llevan las vetas en la dirección de la dimensión mayor de la pieza.



El compensado mas simple, de menos cantidad de láminas, comercialmente denominado "terciado", está conformado por 3 láminas como indica la Fig 2. Las láminas exteriores son de 0,8 mm y la interior de 1,6 mm, que suman un total de: 3,2 mm. Como producto

terminado obtenemos una placa de espesor de 3 mm, Como producto terminado obtenemos una placa de espesor 3 mm, pues 0,2 mm se elimina durante el lijado.

De esta forma, las vetas están prácticamente compensadas. La mayoría de las industrias emplean 3 láminas de 1,1 mm de espesor, lo que facilita, por su uniformidad, su manipuleo en las fábricas. El número de láminas es impar porque las láminas intermedias tienen ambas caras encoladas (Fig. 3).

b- Breve historia:

El compensado data de hace 5000 años atrás, de la época de los egipcios, aunque a principios del siglo pasado ha pasado a ser producido a escala industrial. Los primeros tornos eran muy pequeños, ya que producían láminas angostas, de 0,40 de ancho. Con estas pequeñas placas se producían cajas para té y cigarrillos.

Luego, durante la 1ª guerra mundial la industria del compensado se desarrolló rápidamente, ya que era material bélico usado en la construcción de aviones. La crisis de los años '30 afectó enormemente a la mayoría de las recientes industrias quedando únicamente las mejores. Estas se unieron, para crear criterios comunes como ser normas de calidades, dimensiones, definiciones e información para su correcto uso y así nació la APW (*American Plywood Association*) que aún persiste y que ha logrado un crecimiento del consumo per cápita de EEUU respecto a estos productos y derivados (OSB, LVL, aplicado fundamentalmente a la construcción de viviendas, son las bondades que tienen las viviendas de madera).

El aumento del consumo se debió al fuerte rol de las cámaras madereras, que son muy proactivas y se centran en temas concretos que hacen al desarrollo y consumo del producto. Todo este proceso de mejora sirvió para depurar y desplazar las industrias que no se atenían a las normas.

Respecto a nuestro país, la primera fábrica se instaló en el Delta, en 1928, para procesar madera de álamo. Luego se instaló una más en Rosario utilizando como materia prima rollizos de "cedro" del Paraguay y Peteribí. Más tarde, en 1939 se estableció otra en Federación (Entre Ríos), donde se producía terciado de cedro y de guatambú. En general estas empresas tenían serias dificultades debido a los rendimientos bajos y altos costos operativos por la falta mecanización. En los años '40 se instala la primer fábrica en nuestra provincia, en la ciudad de Posadas: Heller SA. En la década del '70 prácticamente se agota la existencia nativa de esta especie y subsisten únicamente las firmas con vocación industrial.

En la década del '80 comienza a usarse algunas implantadas, principalmente paraíso; y 10 años más tarde, Kiri, pino y eucalipto. A fines de los años 80 se instala la moderna fábrica de Queiroz, con una línea de última generación Raute para procesar grandes trozas de madera nativa.

Se han instalado plantas posteriormente, pero con tecnología similar a la de Queiroz.

En aspectos generales, al haber abundancia de materia prima barata, la eficiencia industrial y optimizar el rendimiento no ha sido una prioridad, situación que nos traslada a como está el sector actualmente, (crisis que está atravesando el sector año 2016).

c- Volúmenes de producción

Se presentan los volúmenes como una aproximación, pero los niveles de producción fluctúan considerablemente de acuerdo a las condiciones macroeconómicas.

Por ello, a nivel nacional se menciona la capacidad instalada de producción.

Comparativamente, para alcanzar el consumo anual por habitante de Estados Unidos, nuestra producción debería ser de 2.200.000 m³/año.

Tabla1: producción mundial (al año 2015)

	Pais	Prod. (m ³ /año)	Participación
Mundial		134.306.173	100 %
Asia	China	92.338.000	68,75%
	Rusia	3.304.000	2,46%
Norteamérica	EEUU	9.680.000	7,21 %
	Canadá	1.792.000	1,334%
Asia	Indonesia	5.268.000	3,92 %
	Malasia	3.989.000	2,97%
	Japón	2.761.000	2,06 %
América del sur	Brasil	2.573.000	1,91%
	Chile	860.000	0,64 %
	Argentina	68.000	0,051 %
Europa	Alemania	161.300	0,12 %
	Francia	271.000	0,202%
	Finlandia	1.090.000	0,812%
	Italia	225.000	0,168 %

Fuente: <http://www.factfish.com/statistic/plywood,+production+volume>

A nivel del país, estamos en el puesto 42 a nivel mundial. la mayoría de las fábricas 12 de ellas instaladas en la provincia de Misiones, 1 en la provincia de Corrientes y una minoría en Salta, Tigre, atendiendo un nicho de mercado puntual cada una de ellas.

Tabla2: Fabricas en las Mesopotámica Argentina (año 2016)

prov	Empresa	Real	Cap. Inst	%
Misiones	Mazter SA	3.450	5.175	3,3%
	Henter I.C.S.A.	9.200	20.700	8,7%
	Maderas Selectas	2.875	3.450	2,7%
	Coop. Araucaria Ltda	5.750	5.750	5,4%
	Terciados Mitre SA	3.450	4.600	3,3%
	Terciados Guaraní	4.025	5.750	3,8%
	Coop. Amanecer	1.495	3.450	1,4%
	Morgenstern	2.300	3.450	2,2%
	Miguel Da Rosa	4.025	6.900	3,8%
	Raul Otonello	2.300	3.450	2,2%
	Queiroz- Coama SA	11.500	26.450	10,9%
Taeda SA	4.600	9.775	4,4%	
Ctes.	Grupo Tapebicuá SA	46.000	74.750	43,6%
Salta, Rio Negro, Tigre		4.600	8.000	4,4%
Producción anual (m ³ /año)		105.570	173.650	100%
Producción mensual (m ³ /año)		9.180	15.100	

Fuente: Elaboración propia / Consultas a fabricantes

2- Producción de láminas

a- Materia Prima

Existe una gran variedad de especies con características deseables – como color, densidad, fácil de debobinar o faquear, facilidad de secado sin defectos, facilidad de encolar- pero solamente algunas escasas especies han ganado la aceptabilidad del mercado (nacional e internacional). Una de las principales razones es la disponibilidad de materia prima en un alto volumen, ya que es costoso desarrollar un producto del cual luego no habrá un volumen suficiente.

Actualmente los volúmenes de especies nativas están disminuyendo, y las empresas se están volcando a la producción de laminadas de implantadas eucaliptos, pinus, paraíso, toona, etc.

b- Especificaciones de materia prima.

Las especificaciones de la materia prima varían siempre según el tipo de producto que se quiera producir, o su uso.

En el caso de los tableros compensados, se requiere materia prima de excelente calidad (para las caras) y otra un poco inferior para la contracara y el relleno.

A diferencia, en el caso del faqueado, las exigencias son aún más altas porque tiene aplicación totalmente estética y necesidad de diseños mucho más rebuscados. Este producto al ser muy exigente el usuario, la segunda calidad carece de interés comercial (Irschik, 2004).

Es por ello que es un aspecto muy importante contar con un control de ingreso de materia prima efectivo, que permita detectar cualquier troza defectuosa.

Ejemplo de especificaciones de una fábrica de compensados de la zona.

La terminología es muy folclórica, pero apunta a lograr la selección de rollizos de calidad.

- Madera recientemente elaborada, especialmente para pino (sin mancha azul)
- Largos de acuerdo al mercado, generalmente superiores a 2,5 m.
- Diámetros importantes (>35 cm en pino; >45 cm en nativas)
- Sin defectos, cilíndricos, en lo posible rectos, flecha inferior a 10 cm.
- Sin contrafuertes ("Sin pollera").
- Libre de rajaduras en las puntas y rajaduras del apeo.
- Sin moro (pudrición interna no detectable desde afuera, solamente al corte transversal. Caso de Cedro o Paraíso).
- Libre de manchas negras (sabuquero)
- "Buena pasta" (aplicable al cedro: corteza gruesa, color rojo, sin manchas blancas. No debe ser peludo. Cedro paraíso: no apto).
- Pino: tener en cuenta el color (*taeda* es claro, *elliottii* es amarillo, y el *hondurensis* amarillo con manchas grises).
- Elaboración: Luna menguante (para nativas, apeados en los meses que no tienen "r", o sea en mayo-agosto) para evitar las rajaduras y entrada de insectos.

Específicos

Guatambú:

Es una madera muy noble, con color muy parejo, blanco, dura, con veteado sobrio. Fue muy abundante en Misiones, y se usa para cara, por lo que las especificaciones son muy rigurosas. En la industria las normas son:

- Circunferencia: superiores a 44" (medida neta con la corteza ya descontada, que corresponde a un descuento de 6")
- Largo: Superiores a 5,0 m - Largo ideal: 6,0 m
- Madera fresca sin rajaduras ni ataque de insectos.
- Corteza fina y lisa (*sin tiene ondulaciones en la cáscara, no sirve para el faqueo*).
- Madera derecha (sin "banana").
- Eliminación de contrafuertes (Bien destamborado, sin pollera/pencas).
- Descuento sobre cáscara 6".
- Elaborado en luna menguante

c- Sistema de medición "m³ AP" (metro cúbico Alto Paraná).

Anteriormente se hablo de descuentos, y la materia prima nativa tiene un sistema particular de medición que tiene más de 100 años y que es realmente muy difícil desarraigar. Este sistema tiene una serie de particularidades que facilita la negociación para el comprador, y de allí la resistencia al cambio.

Es un sistema de medición mixto, ya que se mezclan medidas inglesas (pulgadas) con internacionales (metro reducido a cuartas partes).

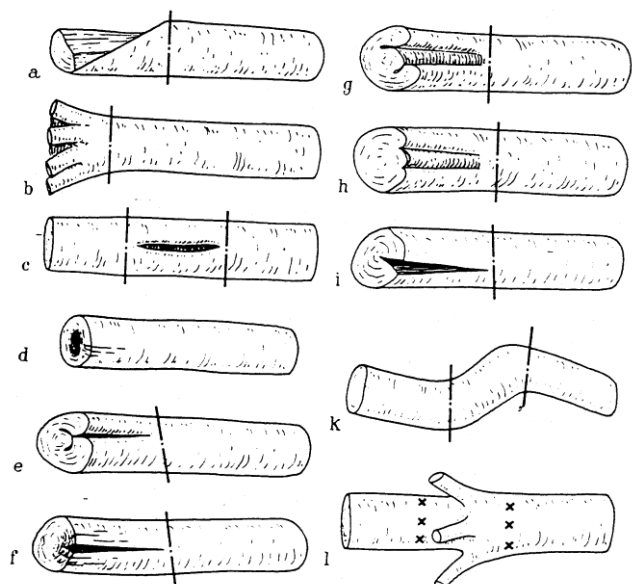
La unidad de volumen resultante corresponde a una viga de **10" x 10" y 1 m (0,254 m x 0,254 m x 1 m= 0,064516 m³**.

En cuanto a la medición del largo de las trozas, se mide el largo en metro, y se lo redondea a los siguientes cuartos: a 0,00 m, 0,25m, 0,50m, 0,75m.

ESPECIES UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DEL LAMINADO Y COMPENSADO EN MISIONES (COIFORM, Julio 2015)

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMÚN	FAMILIA	DENSIDAD (gr. / cm ³)	COCCION	PRECIO (U\$S)
<i>Balfourodendron riedelianum</i>	Guatambú blanco	<i>Rutaceae</i>	0,7 – 0,9	SI	11 –16 u\$/m ³ AP
<i>Araucaria angustifolia</i>	Pino paraná	<i>Araucariaceae</i>	0,51	NO	110-120 u\$/Tn
<i>Ocotea puberula</i> .	Laurel guayca	<i>Lauraceae</i>	0,4 – 0,5	NO	3,8 –4,0 u\$/m ³ AP
<i>Nectandra spp.</i>	Laurel	<i>Lauraceae</i>	0,5 – 0,7	NO	4,0 –4,5 u\$/m ³ AP
<i>Styrax leprosus</i>	Carne de vaca	<i>Styracaceae</i>	0,4	NO	3,5 –4,0 u\$/m ³ AP
<i>Prunus subcoriaceae</i>	Persiguero	<i>Rosaceae</i>	0,76	SI	
<i>Pentapanax warmingianus</i>	Sabuguero bravo	<i>Araliaceae</i>	0,5	NO	4,6 u\$/m ³ AP
<i>Didymopanax morototoni</i>	Cacheta	<i>Araliaceae</i>	0,4 – 0,5	NO	3,7 –4,5 u\$/m ³ AP
<i>Chorisia speciosa</i>	Samohú	<i>Bombacaceae</i>	0,27	NO	
<i>Myrocarpus frondosus</i>	Incienso	<i>Papilionaceae</i>	0,84 – 0,91	SI	
<i>Cedrela fissilis</i>	Cedro misionero	<i>Meliaceae</i>	0,55	NO	
<i>Bastardiopsis densiflora</i>	Loro blanco	<i>Malvaceae</i>	0,6 – 0,7	NO	
<i>Erythrina spp.</i>	Ceibo	<i>Papilionaceae</i>	0,30	NO	3,5 –4 u\$/m ³ AP
<i>Cordia trichotoma</i> .	Peteribí- Loro Negro	<i>Boraginaceae</i>	0,78	SI	
<i>Pinus spp.</i>	Pino	<i>Pinaceae</i>	0,47 – 0,54	NO	40 –43 u\$/tn.
<i>Melia azedarach</i>	Paraíso	<i>Meliaceae</i>	0,60	NO	103 u\$/tn.
<i>Pawlonia tomentosa</i> .	Kiri	<i>Escrofulariaceae</i>	0,27	NO	35 u\$/tn.
<i>Eucalyptus grandis</i> 1° tramo	Eucalipto colorado	<i>Mirtaceae</i>	0,65	SI	42,5 u\$/tn.
<i>Eucalyptus grandis</i> 2° tramo	Eucalipto colorado	<i>Mirtaceae</i>	0,65	SI	31 u\$/tn.
<i>Eucalyptus dunii</i> 1° tramo	Eucalipto blanco	<i>Mirtaceae</i>	0,60	NO	39 u\$/tn.
<i>Toona ciliata</i>	Cedro australiano	<i>Meliaceae</i>	0,42	NO	82,5 u\$/tn.
<i>Especies varias</i>	-	-	-	-	3.5 –4.0 u\$/m ³ AP

- Precios en dólares estadounidenses, cambio \$ 16 Julio 2016



La circunferencia se mide en pulgadas. A esta se le aplican reducciones que consideran espesor de corteza, que varían según la especie, y por ello si bien la equivalencia matemática es 1m³ SI = 15,5 m³ AP; en realidad es de 10,5 la mayoría de las veces.

Es un sistema muy injusto y generalmente el perdedor es el vendedor de las trozas. Se ha intentado reconvertir los sistemas de medición al sistema internacional, pero como se dijo, está muy arraigado el sistema.

Se debe prestar atención a la materia prima. Las trozas deben ser correctamente seleccionados y medidos. No se toleran defectos como indican las figuras de la izquierda.

Es importante tener en cuenta que la calidad de la materia prima es algo fundamental para obtener un producto de calidad y lograr altos rendimientos.

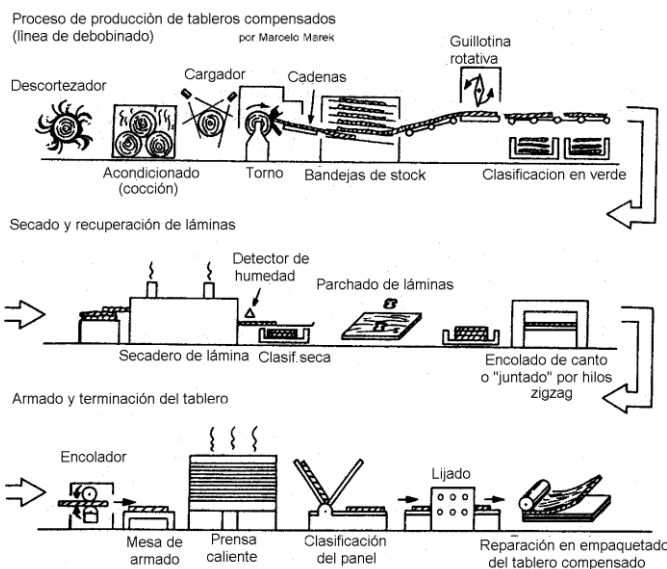
Este aspecto es pormenorizado por las empresas, a pesar de ser la clave del negocio. Los reclamos por mala calidad no suelen ser formales, tampoco el control de stock en playa, y en muy pocas oportunidades hay una persona asignada exclusivamente a este sector.

La incidencia de la materia prima en los costos totales de producción del tablero compensado rondan el 50 %, y su optimización es importante, por mínima que sea.

PROCESO DE PRODUCCION:

El proceso productivo se puede diferenciar en tres grandes etapas, y suelen presentarse empresas que son solamente "laminadoras", es decir que solo producen el terciado, y otras plantas completas.

1. Preparación de materia prima
2. producción de láminas
3. saneado de láminas
4. secado y recuperación de láminas secas
5. armado del panel
6. prensado y terminación



d- Preparación de la materia prima

Estacionamiento

El estacionamiento es necesario para mantener la continuidad del proceso industrial. Pero para disminuir los costos, y también el deterioro de la materia prima, se debe reducir al mínimo. La condición óptima para laminar, es procesar los rollizos inmediatamente luego del apeo. Esto ataques de insectos, rajaduras en los extremos y la pudrición por hongos.

No existe una regla sobre el tiempo de estacionamiento, ya que el mismo depende también de las condiciones en que los rollizos llegan a la planchada de fábrica.

En general las fábricas trabajan con reservas para un mes de trabajo para el caso de las nativas, y una semana para implantadas.

Durante el invierno los rollizos pueden mantenerse más tiempo que durante épocas calurosas, ya que el principal daño lo produce el sol, las altas temperaturas y la falta de humedad ambiente.

Las especies más susceptibles -en nuestra región- al ataque de microorganismos y rajaduras es el "guatambú" y el eucalipto.

Conservación en agua

Los rollizos se pueden mantener en aguas no estancadas para evitar el ataque de microorganismos. De es-

ta manera es factible mantener los rollizos en buenas condiciones durante años, incluso en Pinus.

Es un método muy común en EEUU y en grandes plantas de compensado de Chile.

Históricamente cuando se enviaba las maderas en jangadas, la madera se lavaba y por ende la calidad era superior, ya que se eliminaba la clorofila y fluidos del leño, y con ello los posibles sustratos para el crecimiento de microorganismos (no hay ataques).

Descortezado:

Esta operación consiste en extraer la corteza de las trozas, pero más bien retirar elementos extraños que puedan deteriorar la cuchilla. Es una "buena práctica de manufactura" (BPM) descortezar las trozas, pero se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Dificultad de descortezar algunas especies: depende en que época del año de apeo del árbol; o del contenido de humedad (*el caso del eucalipto que si se seca, no se descortez más*).
- Tipo de equipo usado: Pero la más difundida es la descortezadora de cabezal rotativo para nativas (por su tortuosidad), y las de anillo para Eucaliptos y Pino, debido a su mejor forma y menor diámetro.

En general es preferible descortezar antes de cargar al torno para mantener el filo de la cuchilla, ya que la corteza puede atrapar piedras, arena, etc. lo cual resulta en un desgaste excesivo de la cuchilla. Esta es una pieza muy cara y se debe hacer lo posible por extender su vida útil.

Por otro lado, casi siempre se lo realiza antes de la cocción. Hacerlo así se basa en los siguientes aspectos:

- No se ensucia el agua de las piletas
- El calentamiento es más rápido (*recordemos que es la piel del árbol y que es muy impermeable y con baja conductividad térmica*).
- El manipuleo de la cáscara es más fácil (*es más liviana*) y su eventual combustión. > poder calorífico.
- Se aprovecha más el volumen de las piletas y un uso más eficiente del agua y de la energía.
- Tener en cuenta que el descortezado es más difícil respecto a las trozas cocinadas.
- Si se quiere evitar rajaduras y cocinar fustes enteros, resulta imposible descortezar trozas muy largos (*6-7 m como máximo en las rosas, ilimitado en las de tipo cambio, salvo curvaturas muy pronunciadas*).
- Las lecturas del scanner para medir el volumen de la troza son más precisas cuando se miden sin corteza. Esto facilita el centrado de las trozas, y con ello un mayor rendimiento del proceso.
- Los subproductos del cilindrado salen limpios, y se podrían aprovechar para producir chips pulpa.

f- Cocción de trozas

Introducción

La cocción consiste en el calentamiento de la madera para ablandar la lignina. Al ablandarse la madera, mediante la reducción de las substancias de cohesión se logran láminas lisas, sin escarpaduras o asperezas, y se incrementan su resistencia mecánica, lo que evita roturas durante el manipuleo.

Además, al ablandarse, se requiere un menor esfuerzo en el torno, que se traduce en un menor gasto de energía. Se puede laminar hasta dejar meollo muy chico ya que al tener que aplicar menos presión, el mismo no se padea.

Las maderas se trabajan mejor cuando están calientes y saturadas de agua. Es importante tener en cuenta que los tratamientos tienen un límite ya que, si son excesivos, la madera puede volverse repelosa, resultado inútil para su elaboración posterior

En general, estos tratamientos se deben utilizar para todas las maderas; pero hay excepciones, como es el caso del álamo verde o eucalipto fresco, que se desenrolla directamente. Respecto a las nativas, se pueden laminar directamente, sin calentamiento previo, las maderas blandas como "guaycá", "laurel", "carne de vaca", "samohú", "sabugero", "ambay guazú".

Sin embargo, existen varias ventajas al aplicar la cocción, a pesar de que muchas fábricas no lo utilizan.

En la Tabla 3 se dan las principales ventajas y desventajas del proceso y cómo influye en los procesos subsiguientes. (Steinhegen, 2005; Piccoli y Beccaluva, 2014).

Respecto al Pino spp, Medina (1986) en su tesis de Maestría, concluyó que la temperatura de cocción afectó el rendimiento y la calidad. Laminar a 60°C proporcionó un rendimiento 10% mayor que temperaturas inferiores, además de una reducción de 5 0% de las pérdidas de laminas en el manipuleo posterior al laminado. Por otro lado, esta ganancia provino de las partes del fuste de mayor nudosidad.

La profundidad de grietas de laminación y la rugosidad disminuyeron, y la uniformidad de espesor de las láminas aumento para los 60°C.

Existen dos principales métodos de calentamiento:

En general, el vaporizado se utiliza para maderas blandas y semiduras y la cocción para maderas duras.

Tipos de Cocción:

El Vaporizado es un tratamiento que consiste en cometer al troza a los efectos del vapor. Para ello se introduce la madera en un habitáculo, de dimensiones aproximadas a 6 x12 x 4 metros para someterlos al vapor. Dicho vapor procede de la parte inferior mediante la acción de un intercambiador de calor o radiador (serpentín) o mediante inyección de vapor de agua procedente de la caldera. El primer sistema es moderno y más eficiente en cuanto a los aspectos térmicos, y también evita pérdida de agua tratada de la caldera (al ser un circuito cerrado)

Estas piletas están tapadas con plásticos de polietileno

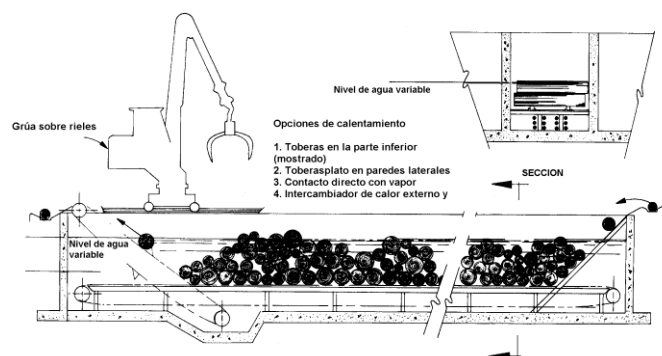


Fig. 4: Piletas de agua caliente para trozas de especies de baja flotabilidad.

negro de 200µ. Este es el método más económico

La gran ventaja del vaporizado en su sencillez frente al cocinado; pero se presenta una mayor incidencia de grietas en los extremos de las trozas.

Las temperaturas a utilizar dependen de la densidad de la madera (*a mayor densidad mayor temperatura*): en general, las coníferas requieren temperaturas más altas que las frondosas, por su mayor presencia de madera de verano. Lutz presenta las temperaturas favorables (Fig.7)

En cuanto al tiempo de tratamiento, depende del diámetro de los troncos (*a mayores diámetros mayores tiempos, basado en el gradiente de transferencia térmica*).

La cocción es un tratamiento que consiste en sumergir las trozas en agua fría que poco a poco se va calentando por medio de serpentinas ubicadas en el fondo de las mismas, hasta alcanzar la temperatura deseada.

Este sistema es más controlable, pero produce oscurecimiento de la madera (*por acción del tanino que extrae el agua*). El agua se cambia de una partida a otra (o en algunos casos, se descortezza antes, entonces se cambia cada tres cocciones).

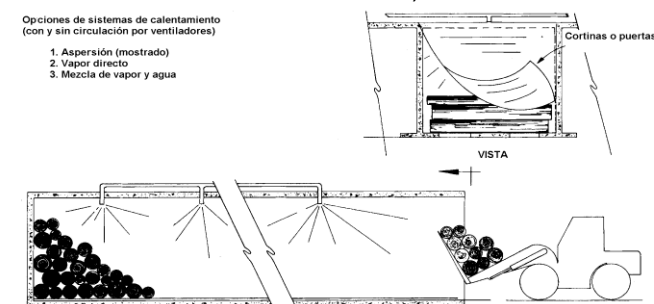


Fig. 3: Piletas para precalentado de trozas

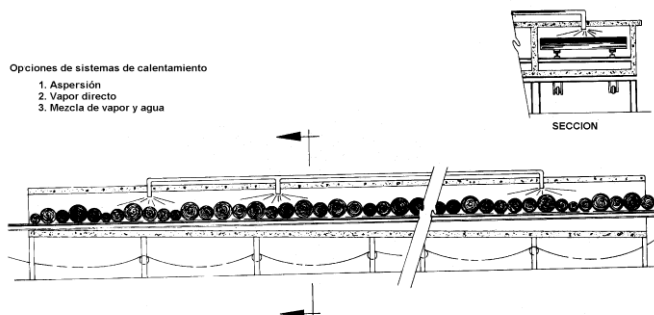


Fig. 5: Tunel precalentador de flujo continuo para rollos finos con corto ciclo de calentamiento.

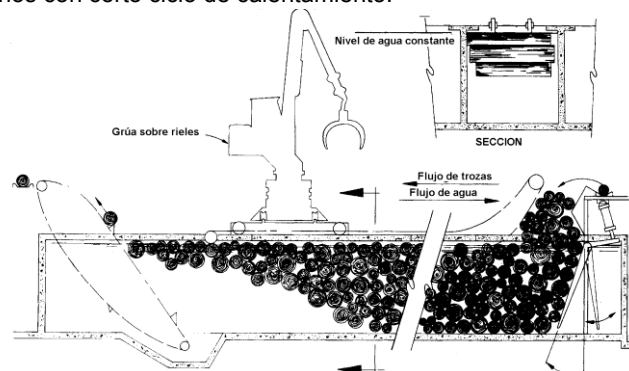


Fig. 6 : Piletas de agua caliente para precalentar especies de alta flotabilidad.

De todos modos, para evitar problemas, se trata de no mezclar las especies y de tener diámetros similares, lo que muchas veces no es posible, lo que afecta

a la producción y a la calidad. Esto se debe a que en estos casos se toma el tiempo de cocción mediante el diámetro mayor, produciendo una sobrecocción en las trozas más finas

Así se logra mayor uniformidad de calentamiento que inyectando vapor directamente. Es un método más caro pues exige una instalación para el bombeo de agua. El

consumo de vapor de una piletta de 10 m x 10 m x 3 m es de = 0,7 tn de vapor/hora

En las figuras 4 a 6 se pueden apreciar sistemas utilizados en EEUU. Estos son sistemas de calentamiento continuo, y de diferentes densidades.

El sistema mostrado en la Fig. 3 es el que usaba la empresa Tapebicua hace algunos años, pero actualmente no realiza el proceso de cocción.

Tabla 3: Ventajas y desventajas del proceso de cocción

Ventajas	Razones
Se incrementa el volumen de lámina producida (rendimiento real del proceso)	Se reducen las rajaduras y roturas al momento del manipuleo, y por lo tanto las pérdidas de material.
Se incrementa la calidad de la lámina producida de trozas de buena calidad (resistencia mecánica)	Al procesar caliente, disminuye la profundidad de las fendas de laminación y la degradación (la superficie es más lisa y suave)
Aumenta la duración del filo de las cuchillas	Con la cocción se ablandan los nudos y la madera en general.
Reduce el volumen de cola utilizado	La lámina producida es más suave (lisa) y por lo tanto es posible usar menos adhesivo para obtener un valor de resistencia mecánica de acuerdo a Norma IRAM 9562 de la unión encolada.
Se producen láminas compactas con fendas de laminación muy cortas, y se necesita escasa presión en la barra de presión, (espec. para espesores >a 8 mm)	La madera caliente es más plástica y por lo tanto se producen menos fendas y más pequeñas, por lo que no se profundizan como para partir la lámina en el manipuleo posterior (esp. láminas seca).
Gran resistencia a la tensión de la lámina perpendicular al grano (resistencia a la tracción).	Al tener menos fendas, y más superficiales. Esto significa que es más suave y compacta, por lo que requiere menos lijado y esto permite que la lámina pueda ser producida más delgada (>η)
Se necesita menos potencia para el debobinado	Las maderas ablandadas ofrecen menor resistencia al debobinado
La producción se incrementa y se reducen los costos operativos	El debobinado se facilita y se agiliza en maderas cocinadas. Las láminas son en su mayoría enteras, por lo tanto hay menores costos de manipuleo y encolado (se reduce la cantidad de láminas para juntar, con ello también la calidad del producto final).
Se reduce el tiempo de secado	El calor es acumulado en la madera, y la madera cocinada es más permeable, y al laminar es posible ver como se evapora.
Disminución de zafadura o patinamiento del meollo (spinout)	Las maderas cocinadas requieren fuerza de debobinado, por lo tanto se debe aplicar menor momento torsor en los mandriles y estos no se zafan.
Desventajas	Razones
Se incrementa la zafadura o patinamiento del meollo (spinout)	Ocurre cuando centro de la troza está fría. y los extremos blandos. Ocurre en sobrecocciones o en cocciones muy cortas.
Láminas con superficie peluda	Sobrecocción
Desajustes	La alta temperatura de las trozas produce desajustes en tornos de antigua tecnología.

Fuente: Resch y Parker, Oregon State University Forest Research Laboratory, 1979.

Tabla 4: Ventajas y desventajas del Vaporizado y la cocción (Kollmann, 1975)

	Vaporizado	Cocción
Ventajas	El proceso lleva menor tiempo.	Es un sistema que produce un aumento más gradual de la temperatura, lo que se traduce en menos defectos en la madera. Es un proceso más controlable.
Desventajas	Es un procedimiento más drástico, lo que ocasiona mayores defectos por problemas de grietas.	Se suele producir manchas por acción de taninos que se extraen con el agua y además existe poca seguridad para los operarios. Es por eso que se deben cambiar frecuentemente el agua.

Factores que Influyen en la Cocción:

Según la tesis de Latorraca (1994), existen varios factores que en una forma u otra afectan al proceso de cocción, estos son, en orden de importancia:

- Diámetro.
- Densidad de la madera a ser procesada.
- Efecto del gradiente de temperatura.
- Contenido de humedad del troza.
- Efecto del medio de calentamiento.
- Rajaduras de puntas.
- Duración del calentamiento a una temperatura dada

Efectos del calentamiento sobre la madera verde

- Disminuye su dureza:
- Cambia la estabilidad dimensional: Cuando una troza es calentada, se expande tangencialmente, y se contrae radialmente, lo que varía con la especie y la temperatura, (esa tasa es menor por debajo de los 66°C). Por eso si una especie tiende a rajaduras, una recomendación sería no superar esta temperatura.
- Reduce el tenor de humedad de las trozas: esta disminución se puede atribuir a la expansión del aire de la cavidad celular, lo que expulsa el agua libre. Esto es lo que favorece el posterior secado de las láminas.
- Contracción de la lámina relacionada al calentamiento: Algunas especies con susceptibilidad al colap-

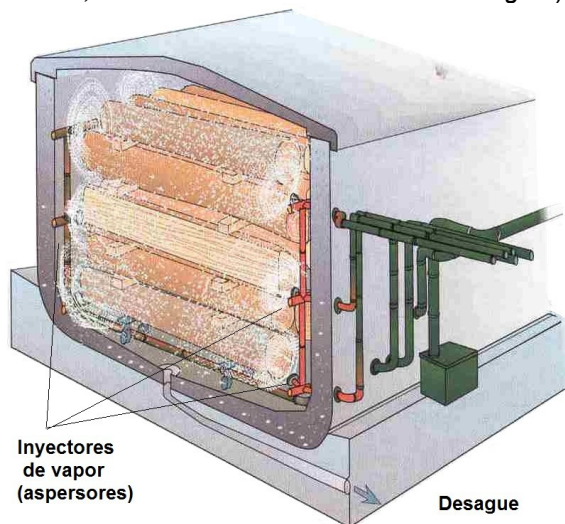
so las cuales puede resultar en una notable contracción. Esto se ha visto únicamente en latifoliadas.

5. **Plasticidad:** El grado de plasticidad depende de la temperatura y no del tiempo de permanencia a esa temperatura.

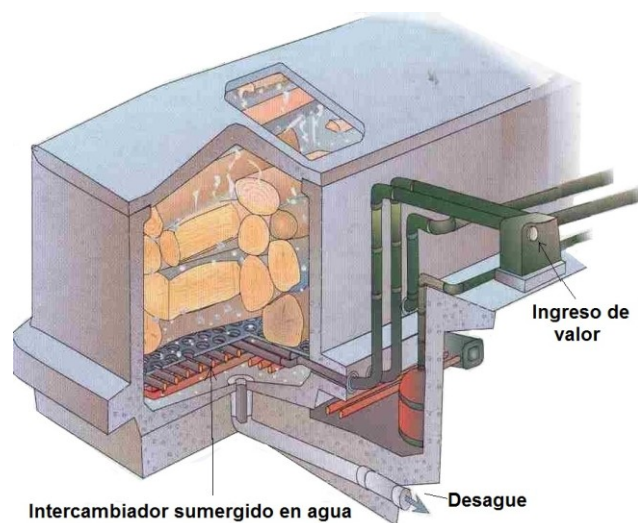
6. **Desgarro de las puntas de trozas:** Generalmente la causa del zafamiento del meollo (spin out) es la falta de uniformidad en la temperatura de la misma. Las puntas están más ablandadas que el centro, y por eso la resistencia al corte será mayor en el centro, y esto ocasiona el desgarro de las trozas por las mordazas.

7. **Cambio de color de la madera:** Ocurre en algunas especies, especialmente si se la cocina con vapor. Normalmente oscurece las coníferas. Incluso se suelen producir alteraciones posteriores, (*básicamente debido a las enzimas que producen la oxidación*).

8. **Resistencia de la madera:** Una cocción a altas temperaturas y muy prolongada puede reducir permanentemente la resistencia, pero son casos extremos (*donde disminuye hasta un 10% del MOE en tratamientos de 50 días de duración a temperaturas de a 66°C, o de 10 días a 93°C en Abeto Douglas*)



Vista de una cámara de vaporizado



Vista de una piletta de cocción (trozas sumergidos en agua)

1. **Tensiones de crecimiento:** algunas especies tienen tensiones de crecimiento: al someterlas a cocción, la parte externa es traccionada mientras que la interna es comprimida. Esta combinación tiende a causar rajaduras en las puntas. Esto, junto con la alteración di-

mensional, puede ocasionar rajaduras en forma de estrella. Esto además puede ocasionar curvamiento de bloques de faqueado (se puede reducir este fijándolos firmemente). Una forma para evitar este efecto es cocinar trozas lo más largos posibles.

Modificaciones permanentes que provoca la cocción en las Maderas:

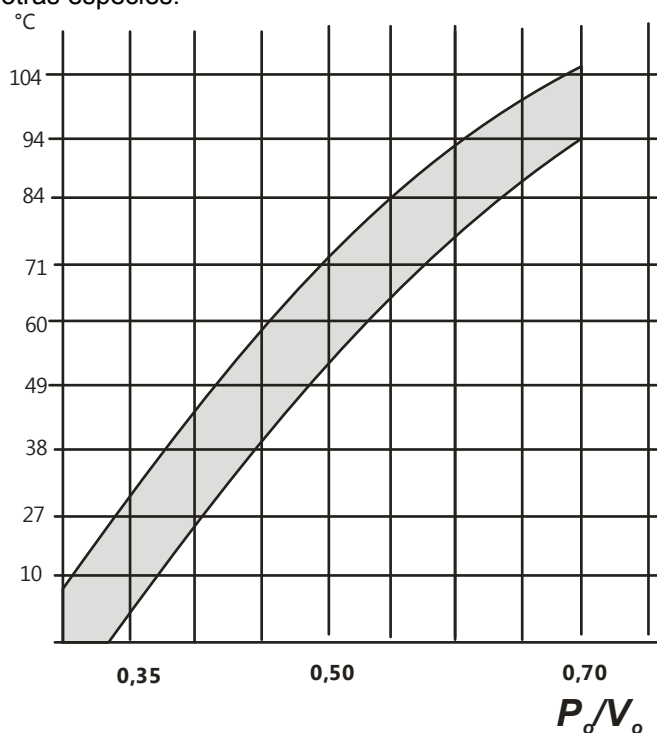
Humedad: sabemos que la madera tiene un punto de saturación de fibra (PSF). Es cuando las paredes de las células están saturadas de agua dejando libres los lúmenes. Este PSF es de alrededor del 30% de contenido de humedad. Cuando se desciende del PSF se produce la contracción de la madera y, al contrario, el hinchamiento se detiene al alcanzar el PSF. Por encima del PSF las características mecánicas son constantes. Cuando se supera en un 12% por encima del PSF, disminuye la resistencia al aplastamiento y la resistencia a la flexión. Ambas características son muy importantes para el debobinado. Por lo tanto, cuanto más húmeda esté la madera, será más fácil laminarla (cortarla) y la lámina podrá flexionarse más sin rajarse.

Temperatura: calentar la madera supone ablandarla y aumentar su permeabilidad, con lo cual es más fácil laminarla, pues la resistencia mecánica es menor.

Cocción de las trozas, según la densidad de la madera:

Cada especie en particular puede ser laminada más fácilmente dentro de un rango de temperatura. Muchas especies blandas presentan mejor laminación estando frías, ocurriendo lo contrario con especies duras.

El gráfico a continuación muestra un rango de temperatura favorable para la laminación de maderas duras, con varias densidades. La Fig. 7 está basada en maderas de América del Norte, pero puede ser usado como guía para otras especies.



Rango de temperatura para el tratamiento de la madera en función del peso seco volumétrico saturado (P_s/V_s) según Leney

Tiempo de cocción de las trozas:

Las trozas pueden ser tratadas en vapor como en agua caliente. El tiempo de cocción depende de la temperatura recomendada para la laminación, del diámetro y de la densidad específica de la troza. La tabla 5 muestra el tiempo aproximado de cocción para trozas con densidad media (0,45-0,55) totalmente inmersas en agua caliente o vapor. Madera duras saturadas de agua pueden requerir un tiempo aproximado de un 25% más.

Se han reportado casos en los cuales se ha tratado a temperaturas mayores a las recomendadas, y se han presentado arrancamiento de fibras y rajaduras en los extremos durante la laminación. Trozas muy calientes también pueden provocar distorsiones en la cara y en la contracara debido al calor.

La cocción es generalmente recomendada para la obtención de láminas de maderas duras, en la fabricación del compensado. Cuando no es muy importante una superficie lisa, como compensados estructurales o para embalajes, muchas veces la cocción no es realizada.

Efecto de la densidad de la madera

En la Fig. 8 se aprecia que la gran influencia de la densidad sobre el tiempo de cocción, pero como los valores se disparan con los incrementos del diámetro de las trozas.

Considerando la temperatura necesaria del tratamiento, Si tomamos únicamente el peso específico como variable, obtenemos la curva de la Fig. 9, es decir que la variación también es considerable, pasando de valores de solo 35°C para especies de baja densidad, a valores de 75°C para especies de mediana densidad.

En general se buscan especies de baja densidad para los rellenos, porque son fáciles de laminar, y porque se secan más rápido sin tendencia a doblarse.

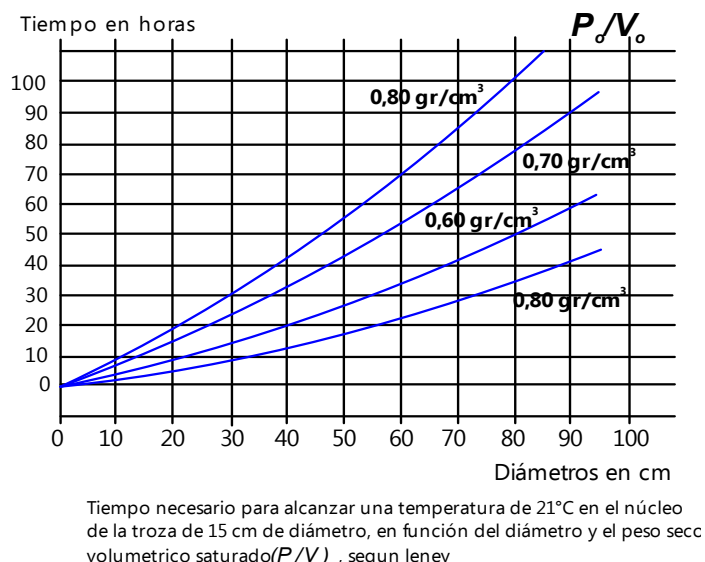


Tabla 5: Tiempo aproximado de cocción para trozas con densidad media (0,45 a 0,55). (Lutz, 1974)

T° de Cocción °C	Temp. de Laminación °C	Tiempo de cocción de trozas, horas según los diámetros de la misma.				
		25 cm	30 cm	46 cm	61 cm	76 cm
49	49	8	12	27	48	76
60	60	8	11	25	45	70
71	71	7	11	24	44	68

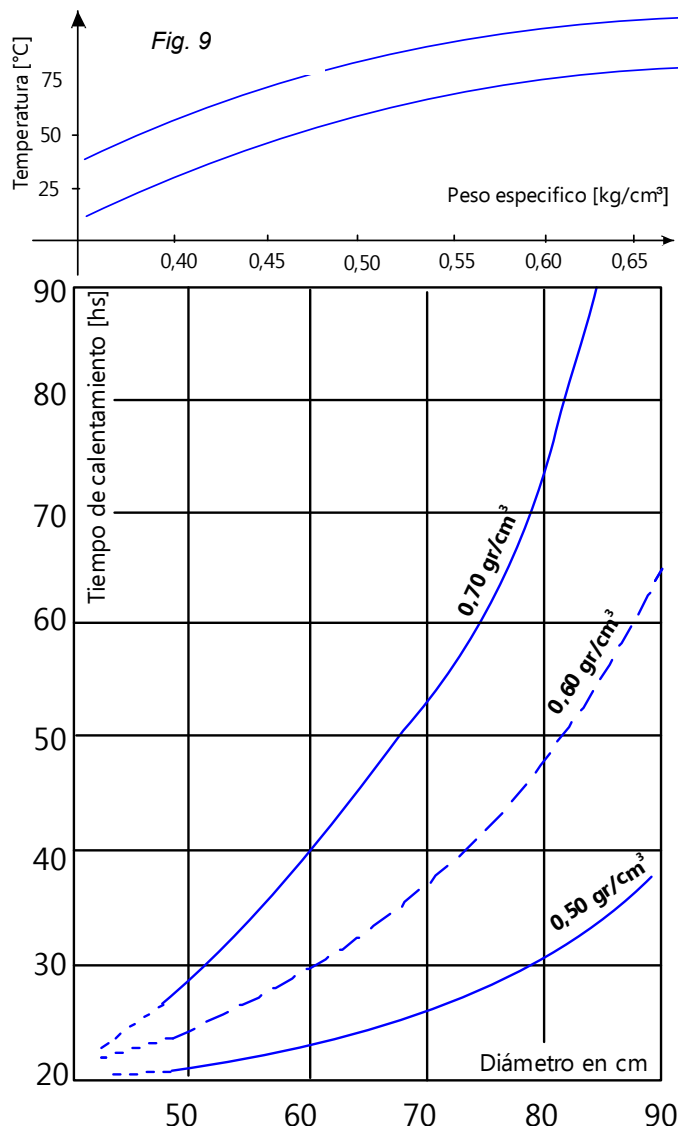


Fig. 8: Influencia del peso específico de la lámina (1) Para especie de peso específico 0,5 g/cm³ (2) Para especie de peso específico 0,7 g/cm³

Además se presenta la ventaja de comercialización y manipuleo, ya que el uso de madera de baja densidad significa un tablero liviano.

Las especies de alta densidad significan mayores costos debido a:

- Requieren mayor potencia y producen más desgaste de cuchillas y maquinaria,
- Tienden a producir fendas profundas a su paso sobre la cuchilla-
- No son siempre fáciles de secar,
- Necesitan una excelente línea de cola porque las maderas densas "trabajan" durante el servicio.

Otras particularidades asociadas a especies de alta densidad es el grano espiralado, que produce láminas torcidas durante el secado, que pueden producir atascamientos del secadero, como se verá posteriormente.

La madera de rápido crecimiento (el caso de Pinos de Misiones), origina laminas son franjas de madera de alta (leño tardío) y otras de baja densidad (leño temprano). Un terciado (3 capas) fabricado con este material es susceptible a estar descompensado. Esto no se presenta en tableros con mayor cantidad de láminas.

Contenido de Humedad de la troza:

Las especies de baja densidad pueden ser difíciles de laminar, ya que originan láminas "peludas", por desgarro de la fibra. Esto puede ser contrarrestado laminando las piezas cuando están totalmente mojadas y sus células llenas de agua, lo que le brinda mayor resistencia a la pared celular mientras se realiza el debobinado.

Sin embargo, con excesivos contenidos de humedad no hay espacio para la amortiguar la compresión que ocurre cuando el agua es forzada a salir. Si el laminado es muy rápido, se produce la destrucción de las paredes celulares. Por esta razón no se laminan muchas especies livianas si están saturadas en agua, siendo un valor óptimo para procesar cuando se encuentran en valores de 50-60% de contenido de humedad.

Fórmula para calcular la duración del tratamiento térmico

En Chile, mediante estudios realizados en grandes empresas, procesando coníferas, se han desarrollado algunos modelos para entender el comportamiento de las variables y estimar la duración del proceso.

Sin embargo este es un modelo ajustado para cada situación, especie y región en particular, y se presenta a los fines didácticos, no siendo de aplicación universal.

$$\theta = \frac{(T_2 - T_1)R^2}{5,78(a)(T_3 - T_1) + (T_3 - T_2)} \cdot \frac{1}{2}$$

Donde:

θ : Duración del tratamiento térmico (horas).

T_1 : Temperatura inicial troza (°C) = Temp. ambiente.

T_2 : Temperatura media equivalente (°C).

T_3 : Temperatura periférica de la troza (°C).

T_4 : Temperatura en el centro de la troza (°C).

R : Radio de la troza.

C_p : Calor específico (Kcal/kg.°C).

P : Densidad de la madera (Kg/m³).

k : Coeficiente de conductividad térmica (Kcal/m.hora.°C).

$$T_2 = \frac{2}{3} \left(T_4 + \frac{T_3}{2} \right); \quad a = \frac{k}{p \times C_p}$$

Dimensionado de piletas de cocción:

Se da un caso hipotético de planta que produce en dos líneas de laminado que consume 20 m³/hora de trozas y que debobina solamente durante un turno de 8 hs, por lo que la demanda diaria será de 160 m³

Duración del tratamiento térmico: Se calcula 85 hs y para la carga y descarga, se estima unas 5 hs adicionales, por lo que el tiempo de cada ciclo será de 90 hs.

$$\text{Vol. Total cada 90 hs} = 160 \text{ m}^3 \times \frac{90 \text{ hs}}{24 \text{ hs}} = 600 \text{ m}^3$$

Se aclara que no se puede hacer una sola pileta, ya que es proceso continuo en el cual no hay que dejar la madera por mucho tiempo fuera de la pileta (para que no pierda sus bondades para el laminado). Como máximo, la troza puede esperar 4 hs, y luego de ese lapso se debe laminar. Entonces cada una tendría la capacidad neta de

$$20 \text{ m}^3/\text{h} \times 4 \text{ hs} = 80 \text{ m}^3$$

$$\text{Luego el número de piletas será: } \frac{600 \text{ m}^3}{80 \text{ m}^3} \cong 8 \text{ piletas}$$

Este cálculo es realizado con volumen sólido, pero debemos entender que el volumen a procesar es estéreo. Para ellos se aplica un coeficiente de llenado.

Una pileta normalmente tiene un coeficiente de llenado de 0,6; luego la dimensión volumétrica es:

$$\text{Vol. Pileta} = \frac{80 \text{ m}^3}{0,6} = 134 \text{ m}^3$$

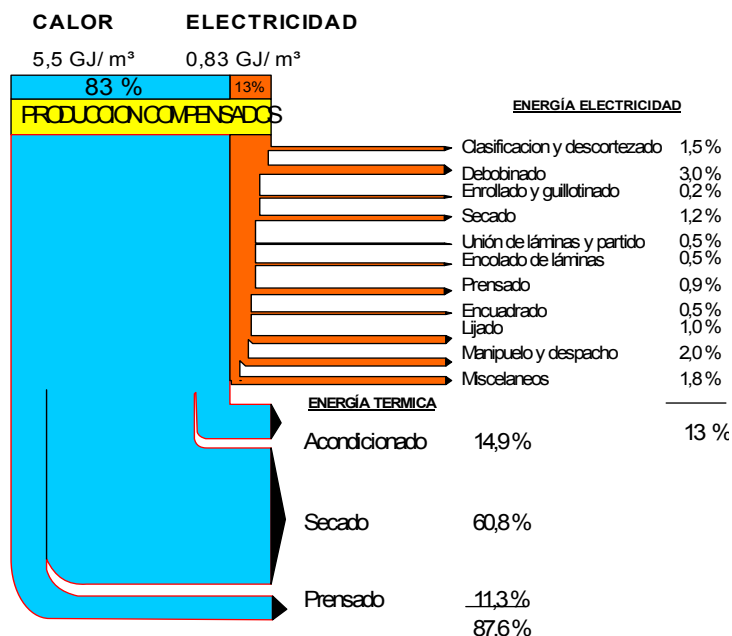
La dimensión de la pileta podría ser: 13 m x 3,2 x 3,2 m, pero depende de:

- Sistema de carga/descarga
- Largo de las trozas (si se corta luego de la cocción deben ser piletas anchas)
- Espacio disponible
- Tamaño de las trozas
- Pérdidas energéticas

¿Cómo se cocina la madera en Misiones?

Las únicas especies que se cocinan son las de mayor dureza y las que se usan para las caras. Básicamente usadas en la fabricación de compensados ureicos. Las especies usadas para relleno generalmente no se las cocina, ya que son especies de baja densidad y resistencia, y además no necesitan una buena terminación.

En general son escasas las plantas que realizan la cocción, y esto ocasiona láminas mas asperas, menores rendimientos y especialmente un mayor consumo de adhesivos. No se realiza al cocción, porque casi todas carecen de capacidad de vapor en sus calderas, priorizando el vapor para el secado y el prensado, aunque el consumo de vapor sea menor al 15 % como promedio.



Las trozas se sumergen en piletas con dimensiones de 3 m x 3 m x 10 m= 90 m³, durante 36 horas a 70°C. Los rollizos se procesan lo más largos posible, para disminuir impacto de las rajaduras. La limitante de la longitud de las trozas -y por tanto, de las piletas- es la máxima longitud que pueden cargar aquellos camiones que tienen accesibilidad al interior del bosque.

Considerando el tema de la seguridad laboral, las piletas locales han producido muchos accidentes, y para evitarlos se ha visto la construcción de un muro perimetral de 0,80 m de altura. Sin embargo, esto complica la carga de la piqueta con maquina, para lo cual realiza con un aparejo eléctrico. El rollizo ya procesado se extrae, se lo troza a la medida definitiva para alimentar el torno y luego se lo descortiza.

Generalmente se utiliza el método de calentamiento indirecto por agua caliente..

- Generalmente la temperatura del agua no supera los 85 °C y el tiempo de calentamiento es variable, entre 36 y 48 hs.,

g- Laminado

Se entiende por laminado la operación de tomar con dos husos o mandriles, en el centro de las superficies laterales una troza, girarla y avanzar contra la misma una cuchilla puesta longitudinalmente alineada y producir el desenrollado; tal como si fuera una bobina de papel (Fig. 10). A medida que el troza gira, la madera es cortada en forma de láminas y sale entre el espacio dejado entre la barra de presión y la cuchilla.

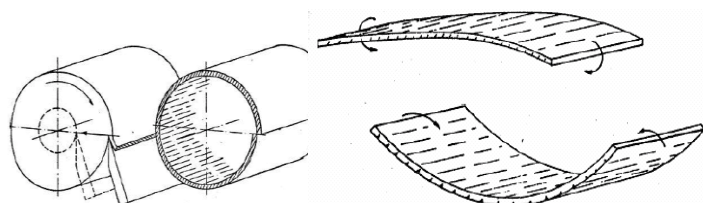


Fig. 10: Esquema de laminado de un troza, vista de la cara y contracara con la tendencia al comportamiento de la lamina producida (cara "cerrada" y cara "abierta" o "perdida")

Una lámina verde de buena calidad se define como: de espesor uniforme, con superficie lisa y sin roturas (alta resistencia mecánica), deben respetarse las siguientes reglas:

- Puesta a punto del torno, así como su precisión.
- Correcto tratamiento térmico previo de la madera en cuanto a temperatura y duración de calentamiento;
- Suficiente velocidad de laminado;
- Torno sin vibraciones; con buenas fundaciones. (con los rodamientos sanos,)
- Correcto afilado y forma de las herramientas: cuchilla y barra de presión;
- Cambiar a tiempo las herramientas, sobre todo cuando se desafila la cuchilla o cuando las herramientas no se desgastan en forma pareja por trabajar largos distintos;
- Mantenimiento correcto del torno.

Antes de entrar en detalle sobre las máquinas, definimos 5 secciones de una fábrica de láminas y compensado.

1. Laminado,
2. Secado,
3. Clasificación de Láminas, Preparación y Juntado,
4. Encolado y Prensado,
5. Encuadrado, Lijado, Clasificación, Embalaje.

Un layout de secciones alineadas aumenta la flexibilidad para encarar ampliaciones. Es importante considerar todos los elementos que hacen a disminuir el movimiento de materiales, y siempre que sea posible, automatizarlos y simplificarlos.

Un aspecto a tener en cuenta, es la evacuación de residuos de láminas (subproductos), que representan alrededor del 50 % de la materia prima procesada; y que no deben generar interrupciones del proceso.

Existen layout bien establecidos, como el caso de Queiróz, y otros deficientes, como el caso de Tapebicua, que la lámina debe ser transportada una enorme distancia, por no haber pensando un layout optimo.

Sección laminado:

- a. Playa de trozas
- b. Piletas de cocción/ablandamiento
- c. Descortezado
- d. Preparación de trozas
- e. Laminado
- f. Guillotinado

Consideraciones:

Orientativamente, un torno barato cuesta = US\$ 50.000-100.000.- mientras que uno de buena calidad = US\$ 550.000. Además para fabricar caras se necesita toda una infraestructura complementaria:

- piletas de calentamiento,
- caldera,
- máquina descortezadora,
- Centrador de trozas (aprox US\$100.000)
- Guillotina rotativa: (de US\$ 60.000 a US\$ 160.000)
- Sistema de transporte de láminas (US\$100.000)
- Secadero de láminas (aprox US\$ 1.500.000)

(precios año 2014, marca Fezer)

Esquemas constructivos de los tornos:

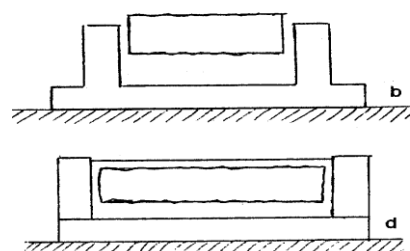
Torno antiguo:

Para entender cómo se construye un torno, podemos apreciar modelos antiguos, como los de marca Mereles, conocidos en la zona.

Los soportes laterales deben tener la robutez como para resistir el esfuerzo principal, y además soportar los principales órganos de accionamiento si transmitir vibraciones.

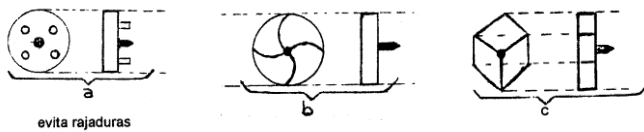
El carro portacuchillas y barra de presión se fabrica de fundición y se desliza sobre dos bancadas perfectamente niveladas. La placa base y los soportes laterales, conforman un bastidor en "U" que aloja los ejes giratorios: éste debe ser rígido, por lo que generalmente se fabrican del mismo material para asegurar la rigidez de la construcción.

Los esquemas c y d tienen un tensor superior que une ambos soportes laterales.



El movimiento de rotación de las trozas se trasmite a las ruedas dentadas grandes por intermedio de un eje principal que pasa a través de la placa base o delante de la misma (Fig. dinámica del laminado)

Las mordazas o "mandriles" que arrastran las trozas pueden tener las siguientes construcciones (Fig. 12)



Para trozas de grandes diámetros las mordazas deben tener un diámetro de 150 mm a fin de tener una superficie que permita transmitir el momento torsor y evitar que zafen. El tamaño de las mordazas limita el diámetro de los meollos, por lo cual los tornos modernos tienen mordazas telescópicas. Durante el procesod e laminado, cuando el cilindro llega a un diámetro de 250 mm se retira automáticamente la mordaza grande y queda activa solamente la interior, con un diámetro de unos 80 mm. Esto se efectúa sin detener al torno. Durante el laminado, cuando la troza alcanza un diámetro menor, tiene a producirse un pandeo, que se atenúa mediante la acción de rodillos posteriores., que pueden ser con o sin motorización, depende de lo moderno que sea el torno.

Rotación del torno:

La velocidad del laminado pero suele ser de 100 m/min en los equipos de la zona, y en equipos más modernos ronda los 250-300 m/min (siempre asociado a una guillotina rotativa y escáner de clasificación y transporte).

Para diámetros de trozas superiores a 1 m, la rotación está en el orden de 35 rpm, y para trozas menores hasta 150 rpm. Esto implica velocidades de corte tangenciales que varían desde 25 m/min a 120 m/min, que es lo que debe permanecer constante y enclavado con la guillotina y sistemas transferidores posteriores.

Es importante que el torno sea preciso en variar de velocidad de rotación a medida que disminuye el diámetro, para mantener uniforme esta velocidad tangencial.

Realizando cálculos a modo de ejemplos:
Si tenemos los siguientes datos:

- $d = 0,90 \text{ m}$ = diámetro del troza,
- $r = 36 \text{ rpm}$ = rotación del troza,
- $v = ? \text{ m/min}$ = velocidad de salida de la lámina,

Luego, resulta:

$$v = \pi \times d \times r = 3,1416 \times 0,90 \text{ m} \times 36 \text{ rpm} = 101,78 \text{ m/min.}$$

Supongamos que queremos laminar con la misma velocidad de salida, pero una troza con diámetro de 0,265 m; entonces en este caso, necesitamos una rotación igual a:

$$r = 101,78 \text{ m/min} / (\pi \times 0,265 \text{ m}) = 122,26 \text{ rpm}$$

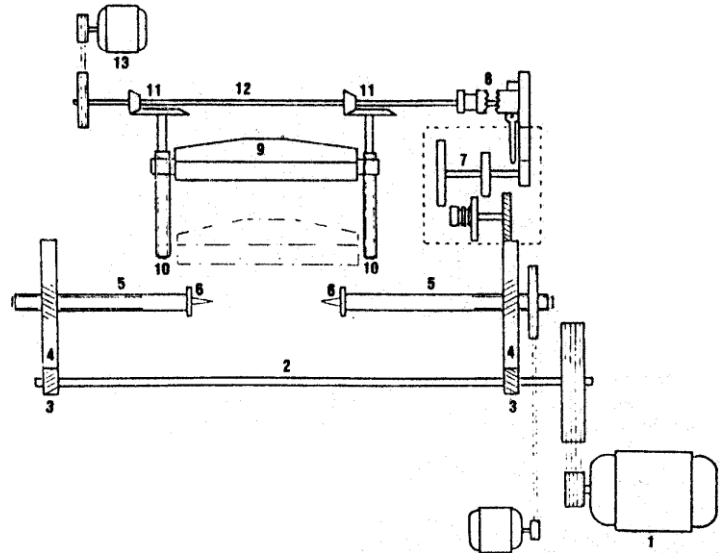
Mecánicamente, se podrá lograr una variación escalonada de velocidades con una caja de velocidad. Eléctricamente se puede variar en forma continua la velocidad con un sistema del tipo Ward-Leonard o con un motor de co-

riente continua. Las máquinas modernas emplean este último sistema.

La velocidad de giro de la troza y la de avance del carro portacuchillas deben estar sincronizadas mecánicamente, para poder producir lámina de espesor uniforme.

El carro porta-cuchillas avanza contra la troza en función de la velocidad de rotación "r" y del espesor de la lámina prefijado.

Esto se logra con una caja Norton, que se esquematiza a continuación



1. Motor principal
2. Eje principal de transmisión
3. Piñones sobre el eje principal que acciona 4
4. Coronas que conectan el eje principal con el eje de las mordazas
5. Ejes soportes de las mordazas
6. Mordazas
7. Caja de cambios para definir espesor de debobinado
8. Embrague de avance del carro
9. Carro portacuchillas
10. Tornillo de avance del carro
11. Par cónico que acciona el avance del carro
12. Motor de avance para retroceso rápido del carro
13. Motor auxiliar de fijación

Tecnología del laminado: (Lutz, 1974)

En la fabricación correcta de láminas intervienen un sinnúmero de variables, y dentro de las más importantes que intervienen están:

1. Velocidad de corte.
2. Forma de la barra de presión.
3. Posición de la barra de presión.
4. Angulo de corte de la cuchilla.
5. Posición de la cuchilla.

1- Velocidad de corte:

Si la velocidad de rotación es constante, la velocidad de corte disminuye a medida que se reduce el diámetro del troza. Por ejemplo:

- velocidad de rotación = $r = 40 \text{ rpm}$,
- diámetro de la troza = $d = 1000 \text{ mmi.} = 1 \text{ m}$

La velocidad de corte resulta:

$$Vc = d \times \pi \times r = 125,7 \text{ m/min.}$$

Luego, al reducirse el diámetro de la troza durante el laminado, tenemos:

- velocidad de rotación = $r = 40$ rpm,
- diámetro de la troza = $d' = 200$ mm = 0,20 m,

La velocidad de corte es, entonces:

$$V_c = d \times \pi \times r = 25,1 \text{ m/min.}$$

Si laminamos con rotación constante, por ejemplo a 40 rpm, diámetros de 0,4 m hasta dejar meollos de 0,08 m, entonces trabajaríamos con velocidades de corte desde 50 m/min hasta 10 m/min.

Para la mayoría de las especies, con velocidades inferiores a 30 m/min se producen láminas defectuosas, siendo estos defectos escarpaduras y espesores variables; ya que a esa velocidad se generan vibraciones y un zumbido característico que perjudica la calidad.

Como ya se ha dicho, los tornos modernos trabajan con velocidad de corte constante y entre 120 m/min hasta más de 250m/min.

Veamos, en base a un sencillo ejemplo, la importancia de la velocidad del torno:

Si para una velocidad de corte de 50 m/min se necesita 15 min. para laminar un troza, aumentando la velocidad al 100 m/min, reducimos el tiempo de laminado a 7,5 min., o sea, un ahorro de 7,5 min/troza. Si en un turno se laminaban 20 trozas, se economizan:

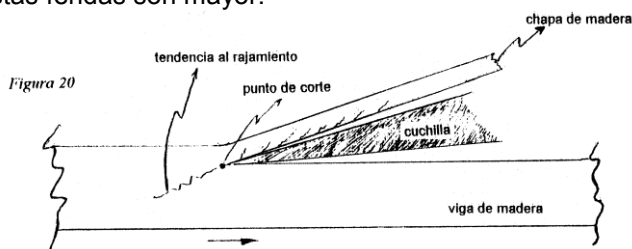
$$20 \text{ trozas} \times 7,5 \text{ min/troza} = 150 \text{ min.} = 2,5 \text{ Hs.}$$

2. Forma de la barra de presión (BP):

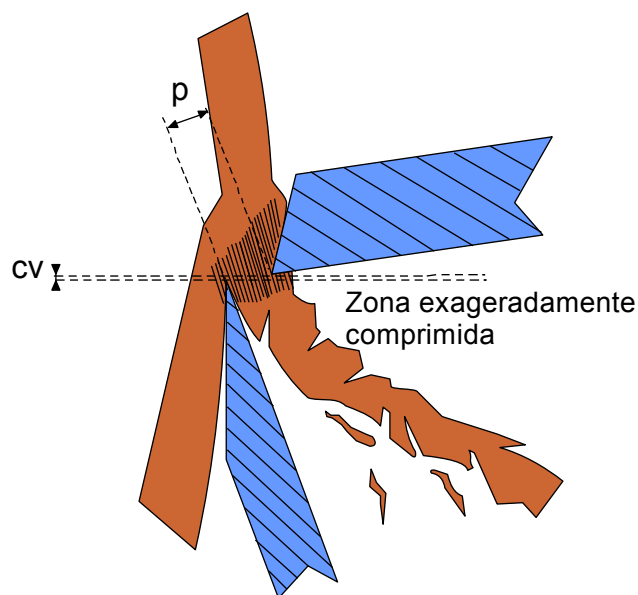
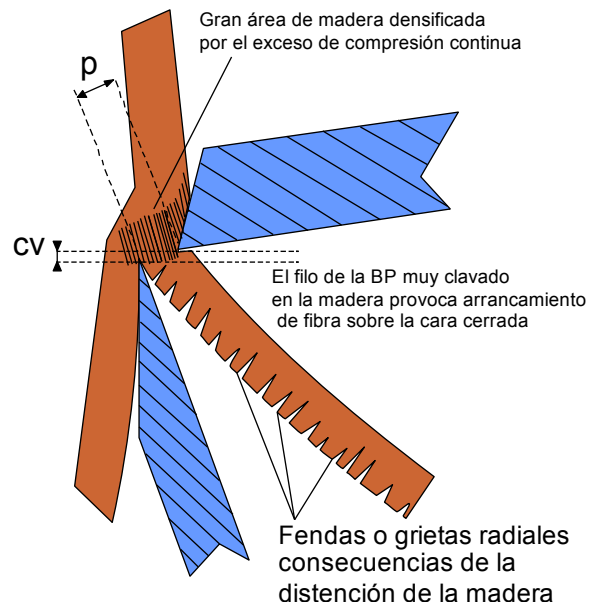
La barra de presión tiene un rol esencial, ya que impide que la lámina se desprenda de la troza y a la vez evita que se produzca una superficie muy rugosa o escarpada. La barra comprime la madera perpendicularmente al grano lo que evita el efecto "rajado por cuña" producido por la cuchilla.

Por motivos didácticos consideramos que con la cuchilla pretendemos realizar un corte plano y que la veta de la viga de madera es inclinada (Fig. 20). Supongamos la viga fija y la cuchilla con movimiento de derecha a izquierda. Evidentemente, delante del punto de corte, la madera tenderá a rajarse en el sentido oblicuo de la fibra.

Para evitar esto, la BP presiona la madera delante del corte, que es el que origina el "efecto cuña", que flexiona la lámina en su posición antinatural, lo que produce "fendas de laminación". Cuando la presión de la BF es baja, estas fendas son mayor.



Se debe tener cuidado de no presionar excesivamente la BP contra la lámina, pues la estructura no debe afectarse para que después del corte vuelva a expandirse y tener el espesor prefijado.



Es importante el ángulo de "cuña" ($90^\circ - \gamma$) debe ser mayor para maderas blandas. Los valores normales están entre 60° y 80° .

Otro factor es el perfil o bisel de la BP: cuanto menor es el espesor deseado de la lámina de madera, menor podrá el bisel, ya que se debe disminuir la fricción de la misma sobre la lámina. Para láminas de madera de 0,5 mm a 1 mm de espesor el redondeado puede hacerse directamente con la piedra de afilado.

Vista la importancia de la BP, se deduce que al trabajar con rollos de distinto largo se desgasta y deforma en forma despereja, lo que resulta en la situación ideal de trabajar siempre rollos del mismo largo. En la práctica se deberá afilar o rectificar la misma en toda su longitud.

Tengamos presente que el ajuste de la BP no afecta el espesor nominal de la lámina, ya que ese se fija mediante la relación de avance de la cuchilla por cada revolución de rollo.

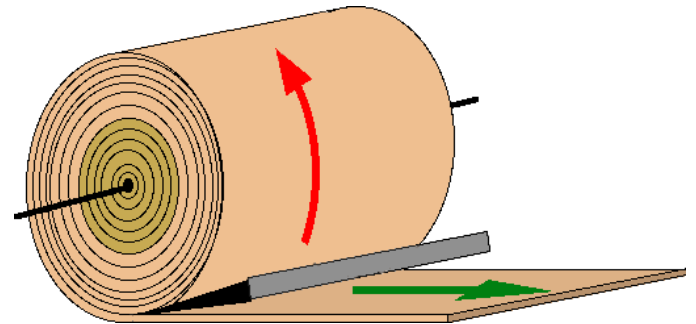
Resumiendo, se puede decir que la BP tiene varias funciones, a saber:

- Comprimir la madera contra la cuchilla, lo que reduce la posibilidad de que la lámina se raje y desprenda de la troza.

- Al comprimir la madera, se flexiona más fácilmente la lámina y se reduce el riesgo de desprendimiento de la lámina escape entre la BP y la cuchilla.
- Separa cualquier irregularidad en carro portacuchillas, debido a que guía la cuchilla sobre a la superficie de la troza cilindrada y esto ayuda a lograr un espesor homogéneo en toda la lámina.
- En el caso de la BP motorizada (Fig.17 y 18), se reduce el esfuerzo de fricción y limpian las virutas que se adhieren en parte vacías (irregularidades de la troza) (gap). Por otro lado, contribuye en la rotación de la pieza, evitando zafamientos.

Cuando la presión de la BP es insuficiente, estas se hacen más notorias.

Se debe tener cuidado de no presionar excesivamente la barra de presión contra la madera, pues la estructura de ésta no debe afectarse para que después del corte vuelva a expandirse y tener el espesor prefijado.



Es importante el ángulo de "cuña" ($90^\circ - \gamma$) debe ser mayor para maderas blandas. Los valores normales están entre 60° y 80° .

Otro factor es el redondeado de la barra de presión: cuanto menor es el espesor deseado de la lámina de madera, menor podrá deberá el redondeado, ya que se debe disminuir la fricción de la misma sobre la lámina.

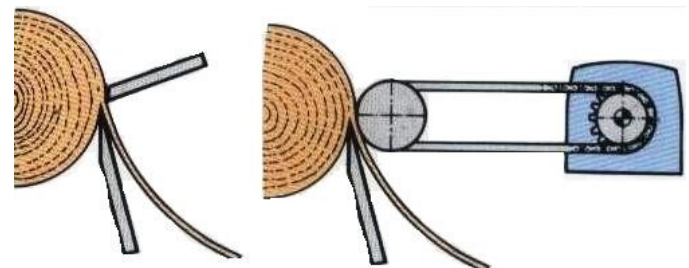


Fig. 18: Barra de presión fija y motorizada

3. Posición de la barra de presión:

En muchos tornos la BP está montada fija, es decir no es regulable. Se la monta a 0,3 - 0,5 mm por encima de la línea determinada por el centro de las mordazas, y luego se monta la cuchilla tomando como referencia la ubicación de la BP (7 en Fig 19).

La cota vertical entre el vértice de la barra de presión y el filo de la cuchilla (7, CV o δ)) es función de la especie de madera y su elasticidad en el momento de corte.

En cuanto a la cota horizontal (p), depende del espesor de la lámina y sus valores varían entre el 65 % y 90 % del espesor de la misma.

4. Ángulo de corte de la cuchilla:

El filo de la cuchilla, delimitado por el ángulo β en la Fig. 19). Lo ideal sería poder contar con un ángulo β elevado para obtener así mayor resistencia del filo de la cuchilla, pero, en este caso el efecto de "cuña" también sería mayor. Se puede llegar a ángulo β máximo de 23° , apto únicamente para trabajar maderas blandas, en el caso del pino, los nudos llegan a mellar y hasta romper la cuchilla cuando se trabaja con ángulos β menores de 20° .

Buscando esta solución ideal se han creado cuchillas con doble bisel o microbisel (Fig. 17) para lograr un filo más duradero.

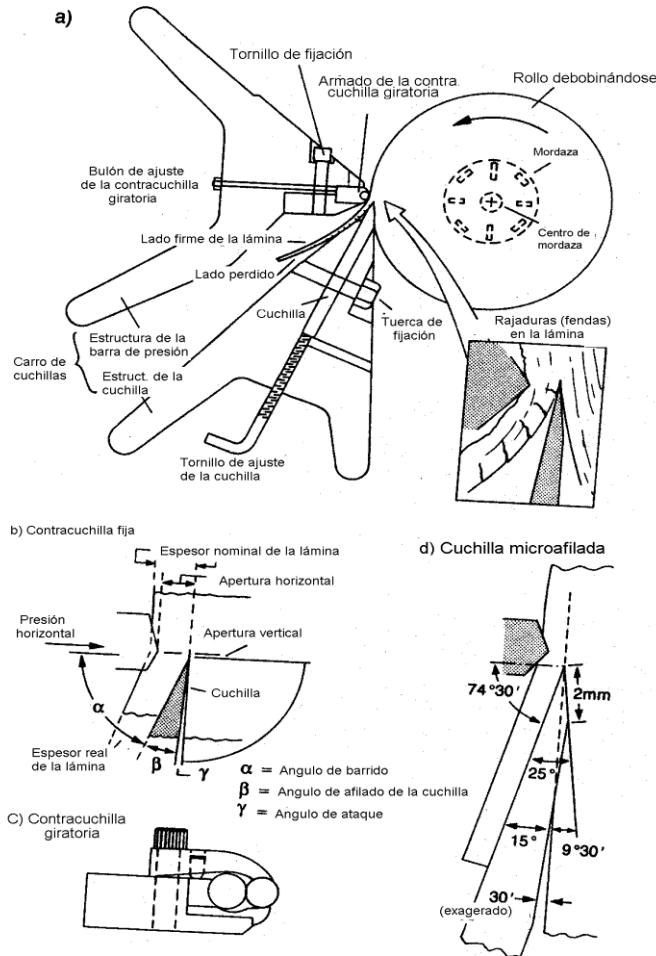


Fig 17: torno tradicional con BP giratoria. La cuchilla y la BP están montadas sobre un carro común que avanzan hacia el centro a medida que giran las mordazas. Los detalles muestran las fallas de tensión que se forman al pasar entre la C y la C: el defecto de las fendas de laminación es inhibido por una pequeña presión sobre la lámina.

- b) Detalle de la BP fija y la C: la luz entre ellas determina el grado de compresión sobre la lámina, mientras que el espesor nominal es en función del avance de la carro portacuchilla y de la velocidad de giro de la troza
- c) Detalle de la BP giratoria
- d) Los nudos pueden mellar el filo rápidamente y un microafilado puede aumentar la resistencia.

Para evitar esto, la barra de presión presiona la madera delante del corte, por lo que origina un efecto "cuña" debido a la penetración de la cuchilla. Esta separación de la lámina dobla la lámina en sentido contrario a su posición original, lo que origina pequeñas rajaduras o fendas en la cara de la lámina que está en contacto con la cuchilla.

6. Posición de la cuchilla, su regulación y montaje:

Recordemos que la barra de presión está montada a una distancia $\delta = 0,3- 0,5$ mm más alta que la línea que une los centros de mordazas. El filo de la cuchilla debería estar sobre esa línea. Para lograrlo, se monta la cuchilla y con una sonda o chapita de $0,3- 0,5$ mm, de espesor se fija la distancia δ igual y correcta a lo largo de toda la cuchilla

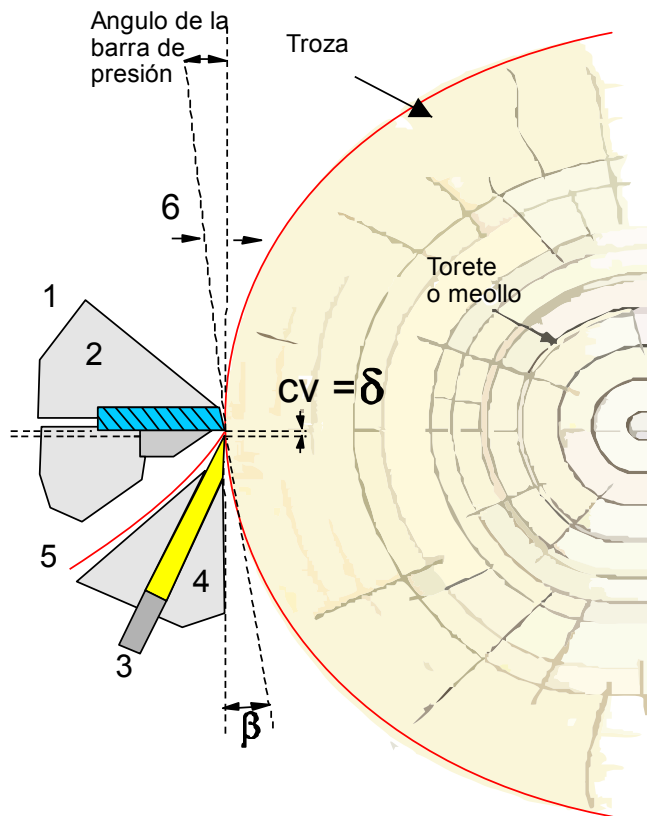
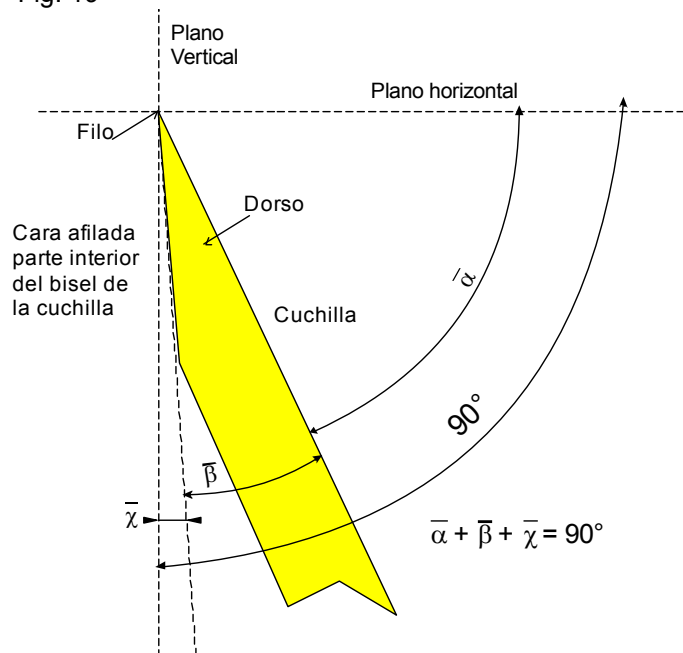


Fig. 19



El ángulo de la cuchilla (β) debe controlarse antes de colocarla. Esta debe ser de igual lo largo de toda la cuchilla. Un operador experimentado puede notar la correcta posición de las herramientas mediante el zumbido parejo característico.

Si en la operación se nota ese zumbido, significa que las herramientas no están correctamente montadas, las láminas suelen defectuosas y se desperdicia energía. Cuando el zumbido se produce recién con diámetros pequeños, el ángulo α no es el correcto o la velocidad es muy baja. Este ángulo α se ajusta, dentro de ciertos rangos, en forma automática en los tornos, a medida que disminuyen diámetro de la troza.

Finalmente para la elección de las herramientas debe tenerse en cuenta:

- Aceros duros para las cuchillas,
- Un pequeño ángulo β pueden usarse con maderas sin fallas, con fibras paralelas, sin nudos. Ejemplo: pino o araucaria, sin nudos.
- Aceros semiduros con un mayor ángulo β para maderas duras o con nudos, para evitar las roturas en el filo.
- Para las barra de presión se eligen aceros duros para evitar desgastes.

En los equipos modernos, la curva del ángulo de inclinación del carro portacuchillas se puede variar a gusto, según el tipo de especie que se esté procesando y el espesor de la lámina.

Medición de la longitud de la lámina

Para tener una espiral geoméricamente perfecta debe existir una sincronización perfecta entre el paso de la espiral (espesor o avance del carro) y la rotación de la troza. Este avance del carro sigue la relación

$$a = \frac{e}{360^\circ} = \frac{e}{2 \times \pi}$$

y este avance lo obtenemos con la caja de cambio.

La v lineal o tangencial de la troza disminuye en la medida que baja el radio de la troza por esto para mantener velocidad constante se debe aumentar la w de giro de la máquina.

La arista de la cuchillo debe pasar por un plano horizontal que coincide con el eje de los husillos.

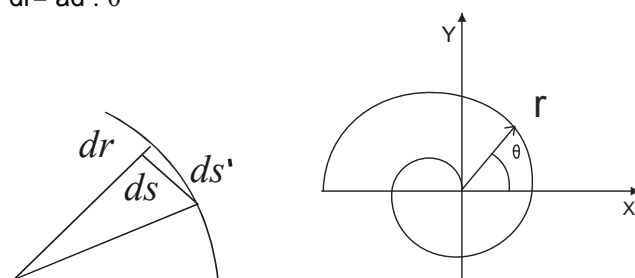
El paso es la distancia que existe entre la proyección de la espalda del cuchillo y una paralela que pase por la arista de la barra de presión.

$$\text{Tasa e compresión} = t_{c(\%)} = \frac{100 \times (e-p)}{e}$$

Para el cálculo total del desarrollo de una troza cilíndrica, se considera la espiral de Arquímedes, de donde se deduce las expresiones siguientes:

$$r = a \cdot \theta$$

$$dr = ad \cdot \theta$$



$$ds^1 = \sqrt{dr^2 + r^2 d\theta^2}$$

$$\text{sea: } ds^1 = dl \geq l = \int \sqrt{a^2 d\theta^2 + r^2 d\theta^2}$$

$$l = \int \sqrt{a^2 + r^2} d\theta^2 = \int \sqrt{dr^2 + \frac{r^2 dr^2}{a^2}} = \int_{r_1}^{r_2} \sqrt{1 + \frac{r^2}{a^2}} dr$$

$$l = \frac{1}{a} \int_{r_1}^{r_2} \sqrt{a^2 + r^2} dr$$

$$a = \frac{dr}{d\theta} = \frac{\Delta r}{\Delta \theta} \quad \text{o sea para } \Delta \theta = 2\pi \quad a = \frac{e}{2\pi} =$$

Luego

$$l = \frac{r^2}{2a} \sqrt{a^2 + r_2^2} + \frac{a}{2} \log(r_2 + \sqrt{a^2 + r_2^2}) - \frac{r_1}{2a} \sqrt{a^2 + r_1^2} - \frac{a}{2} \log(r_1 + \sqrt{a^2 + r_1^2})$$

Donde:

r_2 = radio del troza

r_1 = radio del meollo

l = Longitud de la lámina producida

si se quiere calcular la cantidad de m^2 producidos, se puede usar la forma mas sencilla mediante el volumen

$$Vol. util = \frac{\pi}{4} (r_2^2 - r_1^2) \times L_T = [m^3]$$

$$L \text{ arg o lam} = \frac{\frac{\pi}{4} (r_2^2 - r_1^2)}{L_T \times e} = [m]$$

A continuación se presenta una norma práctica de calcular el rendimiento publicada por Mendes, (2003)

El volumen de la lámina, como ya dijimos se calcula mediante la formula

$$V_{Lam} = L_T \times A \times e$$

Siendo:

V_L = Volumen de lámina

L_T = largo de la lámina

A = Ancho de la lámina

e = espesor de la lámina

Es volumen es correspondiente al volumen laminable calculado por la ecuación, por lo tanto

$$V_{Lam} = V_L = L_T \times A \times e$$

Entonces

$$L_L = \frac{V_L}{A \times e}$$

Sustituyendo en la ecuación, el valor V_L por la ecuación, tenemos

$$V_L = \left(3,14 \times \frac{D_T^2}{4} - 3,14 \times \frac{D_R^2}{4} \right) \times L_T$$

$$V_L = V_T - V_R$$

Siendo:

V_L = Volumen laminable

V_T = Volumen de la troza

V_R = Volumen de meollo

Considerando

$$V_T = \frac{3,14 \times D_T}{4} \times L_T$$

$$V_R = \frac{3,14 \times D_R}{4} \times L_R$$

como $L_T = L_R$, se tiene:

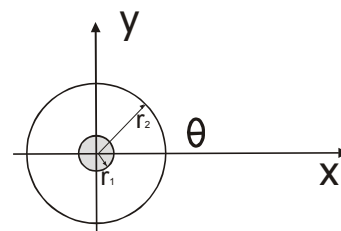
$$L_L = \frac{\frac{3,14}{4} (D_T^2 - D_R^2) \times L_T}{A \times e}$$

Como $A = L_T$, se obtiene

$$L_L = \frac{\frac{3,14}{4} (D_T^2 - D_R^2)}{e}$$

Finalmente

$$L_L = \frac{0,0785 (D_T^2 - D_R^2)}{e}$$



Rendimientos de laminado:

El concepto del rendimiento del proceso de laminado es sumamente importante para realizar un buen aprovechamiento y disminuir costos de la industria, por un buen aprovechamiento de la materia prima, que como ya se indicó, representa más del 50% del costo.

Para el debobinado se requiere una troza lo más cilíndrica posible, no así para el faqueado, donde el diseño producido por trozas de forma irregular es mejor pago.

La forma del troza, definida por su curvatura, conicidad y excentricidad tienden a disminuir en rendimiento en forma proporcional.

Algunas de estas características de las trozas se pueden mejorar, como por ejemplo la curvatura, la cual se puede reducir mediante un buen trozado. Existen equipamientos que optimizan en corte transversal para disminuir estos defectos, y al optimizar esto también disminuye los valores de despuntes por las cuchillas enrasadoras (Raute, 1999).

Otros no se pueden mejorar, y en el caso de la conicidad produce láminas cortas durante el cilindrado y mucho de este material no es utilizable excepto que se disponga de tecnología para manejar estas láminas. Por otro lado, las fibras de una troza cónica no son paralelas a la cuchilla y el material resulta ser frágil a la flexión, y puede pasar el adhesivo por los poros, lo que se llama "sangrado" de la línea de cola, que se puede ver en el caso de los tableros fenólicos, como se verá más adelante.

La excentricidad produce láminas angostas durante el cilindrado, que pueden usarse, pero ya implica un costo extra de manipuleo, juntado, etc. Si es más crítica, significa la presencia de leño de reacción. La madera de compresión tiene una alta contracción longitudinal (mayor al 1%) y puede producir tableros de poca estabilidad, y esto es una de las cosas más requeridas de los tableros contrachapados.

Por otro lado, madera de tracción produce una superficie peluda luego del lijado porque las fibras tienden a ser arrancadas.

Tamaño de meollos o roletes:

Siempre se debe tener el concepto de aprovechar la troza al máximo, reduciendo así el diámetro de los meollos remanentes. Esta es la mejor oportunidad para recuperar láminas, pero se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Características de la materia prima: Cada especie tiene sus características. La presencia de un centro sólido es muy deseable, pero muchas veces no es así. Si el centro es poco sólido no se pueden lograr altas velocidades de laminado, especialmente si las mordazas son las únicas herramientas que aplican el torque (puede haber barra de presión rotativa). Algunas especies tiene el centro apto para lamina (Abeto Douglas) y otras no. En general las especies laminadas en nuestra zona, como ser madera nativa de Misiones, pinos y eucaliptos tienen grietas, fisuras; y madera juvenil, originando una lámina que se rompe fácilmente, y que resulta muy escarpada (pino)

- Nivel de Equipamiento: Aquí aparece el sistema de mordazas dobles telescópicas y el problema del pandeo del meollo debido a la excesiva presión de los mismos, que producen lámina muy fina en el centro. Juega un papel muy importante la barra de presión, el seteo rápido y preciso del torno, etc.

- Actividades operativas de la línea verde: la actitud y la experiencia del operador son importantes para lograr el máximo aprovechamiento con meollos pequeños. Actitudes negativas tales como "esto no se puede hacer" significan que probablemente la persona no lo haga. Los operadores en las plantas deben ser capacitados y estar en conocimiento del impacto de sus buenas prácticas en el nivel de aprovechamiento y disminución de costo de la empresa. Es frecuente que los operadores de torno no conozcan y que por ende no estén motivados.

- Implementar manuales operativos o de procesos recomendando buenas prácticas de manufactura: en el caso del torno, éste debe estar bien regulado para lograr el máximo aprovechamiento y por ellos debe ser abierto a propuestas de mejora y de trabajo. Por ejemplo, los zafamientos pueden ser reducidos si se trabaja a una velocidad constante y disminuyéndola cuando se llega casi al meollo.

- Beneficio económico esperado: Este análisis debe considerar el valor de los subproductos (meollos para aserrado, chips y otros residuos) con el valor de la lámina que puede producirse con el mismo meollo. Los cálculos también deben incluir costos, factores de residuos precisos, y el efecto de los zafamientos. Por ejemplo, puede ser más rentable producir puntales para obra a partir de los meollos que producir una lámina de mala calidad que requiere muchas operaciones posteriores (guillotinado, juntado), como se puede ver en la siguiente tabla de análisis de las diferentes op-

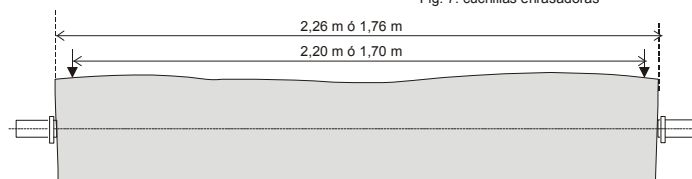
ciones. Seewald y Peluso, 2015 presentan un análisis completo de un proyecto de reingeniería en una planta de 35 años de antigüedad.

Valor del meollo por distintas alternativas de reprocesamiento de meollo de diámetro 209 mm y 2,60 m de largo				
	Vol. de prod/meollo	Valor unitario	Valor de producto	Volumen cubico (p ³)
Alternativa 1: Producir 6 puntales (studs) y chips				
Lámina	0,0	\$ 36/M (e=3/8)	\$0,00	0,00
Puntales	5,50 pcs	\$ 0,80/pc	\$4,40	2,30
Astillas	0,013 BDT	\$28/BDT	\$0,36	0,89
Total			\$ 4,76	3,19
Alternativa 2: Laminar hasta diámetro 107mm, producir puntales y chips				
Lámina	0,06 M (e=3/8)	\$ 87,28 M (e=3/8)	\$ 5,240	1,87
Puntales	0,92 pcs	\$ 0,80/pc	\$ 0,74	0,38
Astillad	0,013 BDT	\$28/BDT	\$0,36	0,89
Total			\$ 6,36	3,19
La diferencia neta del valor por meollo = \$ 6,34-\$4,76 = \$ 1,58				

Calculo de rendimiento en láminas

Se deben calcular los rendimientos del laminado, para determinar el nivel de aprovechamiento de materia prima.

Fig. 7: cuchillas enrasadoras



El rendimiento de la madera en el laminado es función de varios aspectos:

- Características de la troza
 - Dimensiones
 - Defectos
 - Tiempo de apeo, etc.
- Proceso

Troza: Depende de de la especie, del diámetro, del tiempo transcurrido entre el apeo y la industrialización, y de sus defectos que pueda presentar, sean naturales o no.

Notas sobre maquinarias y procesos:

Centrado de trozas

El centrado consiste en circunscribir un cilindro perfecto, del máximo diámetro posible, dentro del volumen de una troza. Este centrado asegura un rendimiento óptimo de la pieza con las ventajas de una:

- Mejor utilización de la materia prima por medio de una mayor recuperación.
- Mayor cantidad de hojas enteras, menos colas de pescado, menos tiras angostas y residuos.
- Mayor cantidad de láminas de cara de alta calidad, porque la madera de la parte externa de la troza rinde hojas enteras y no tiras angostas ("retazos").

- Ahorros en costos de mano de obra: por la menor cantidad de tiras, se requieren menos mano de obra en manipuleo, apilado, secado, guillotinado y juntado, además durante el armado de tablero.

En la Fig. 21 se puede ver dos líneas de centrado, una convencional de tres puntos y la otra con el centrador Raute.

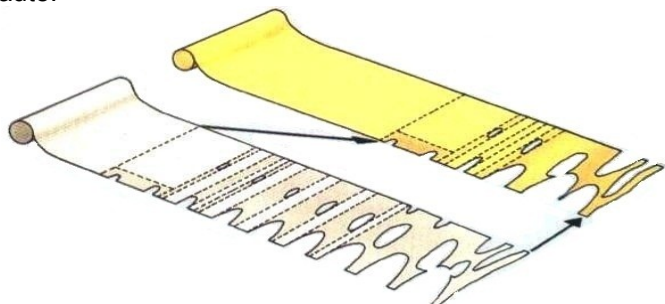


Fig. 21. Un 10 a 15% de mayor rendimiento en láminas enteras y un 20 – 50% menos de colas de pescado y tiras angostas se produce con el centrador de trozas Raute

En el convencional, un mayor volumen de madera de alta calidad (periférica/lateral) es convertido en residuos. Con el centrado optimizado, esta cantidad se reduce al 50% (hecho por simulador).

Los métodos principales de centrado son tres:

1- Centrado de extremos:

Consiste en proyectar luces concéntricas en la punta fina de la troza, para poder determinar el máximo diámetro posible del cilindro libre de defectos. Posteriormente se marca el centro donde se aplicarán las mordazas. Es un método antiguo casi ya no usado, excepto para especies tropicales de gran diámetro.

2- Centrado mecánico:

Según se indica en la Figura 22, los dos extremos de la troza son centrados por tres puntos, es decir el troza es medido solo en $2 \times 3 = 6$ puntos. Al tener 6 puntos, considera la alineación de la troza y atenúa los efectos de la conicidad.

Es importante considerar que este método no toma en cuenta la forma de la troza: curvaturas e irregularidades, engrosamientos de nudos, hendiduras, contrafuertes, etc. En el cilindrado, debido a ello, una parte substancial de la valiosa materia prima aprovechable se convierte en residuos, y otra importante parte defectuosas deben ser eliminadas de la sábana de lámina continua.

Esta imprecisión ha impulsado métodos más modernos para mejorarlo, a mayores costos pero con mejores rendimiento y mayor ritmo de producción.

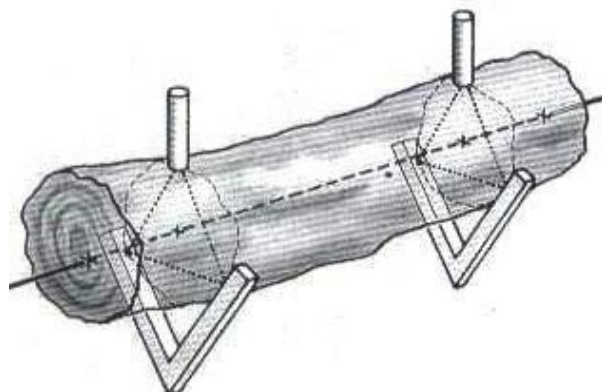
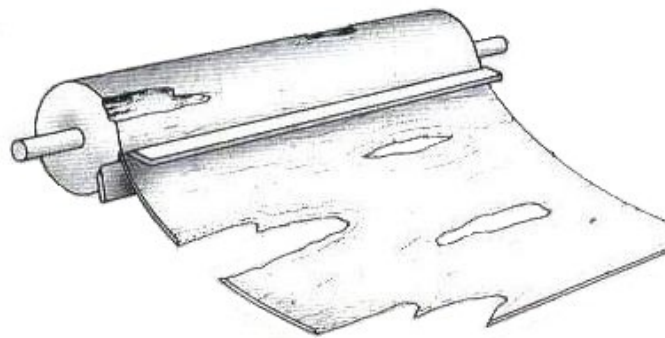


Fig.22: Funcionamiento del centrado mecánico



3- Centrado electrónico

La troza se centra primero en 3 puntos en cada uno de sus extremos como en el centrado mecánico, y luego se cuentan con dos sistemas

- Scanner fijos:
- Scanner móviles

3.1. Scanner fijos:

Es un giro de 360° de la troza los radios se miden los radios a una velocidad de 16.000 puntos/segundo, a intervalos de 0,022 grados. Según la longitud de la troza. Para ello se usan de 3 a 7 scanners laser, lo que significa un total de 48.000 a 112.000 puntos medidos por cada troza. De esta información, son filtrados solo 36 puntos por sección transversal para el cálculo final. Este método elimina lecturas equivocadas causadas por la corteza residual, astillas o grietas y hendiduras. Finalmente en el cálculo definitivo se usan entre 108 y 252 puntos.

3.2. Scanner móviles:

La troza gira de 3 a 5 vueltas y el scanner laser lo recorre en toda su longitud, midiendo los radios a la velocidad de 16.000 puntos/segundo, a intervalos de 0,022 grados. Según la longitud de la troza, se usan entre 5 y 10 vueltas de medición, lo que significa un total de 80.000 a 160.000 puntos medidos por cada troza. Estos se filtran como el caso anterior, y para el cálculo final de la solución óptima del centrado se toman entre 250 y 500 puntos.

El sistema láser transmite los datos a la computadora de optimización del proceso, para determinar el eje del cilindro óptimo dentro de la troza, el cual da el máximo rendimiento posible de lámina.

Adicionalmente, en base a estos datos, calcula el momento preciso en que el torno debe pasar de la fase de cilindrado a la fase laminado. De esta forma se logra un control totalmente automático de la línea.

Los servocilindros hidráulicos controlados por la computadora posicionan los dos extremos de la troza en los ejes X e Y. Esto se realiza en forma muy rápida, y es casi imperceptible pues es simultáneo a la etapa de laminado de la troza anterior.

La troza ya centrada, en su posición óptima, es llevada a un puesto de espera en el torno mediante los brazos de transferencia. Allí aguarda el final del debobinado de la troza precedente. En este momento, cuando su debobinado finaliza, los husillos o mandriles se abren para liberar el meollo, y la troza centrada se introduce en el torno con la mayor precisión sin interrupción del proceso. Esto permite altas productividades, y existen plantas cercanas a la ciudad de Palmas (PR), a 330 km de la ciudad de Eldorado, que producen $45.000 \text{ m}^3/\text{mes}$, marca Raute similares a las descritas aquí, las más modernas de la región.

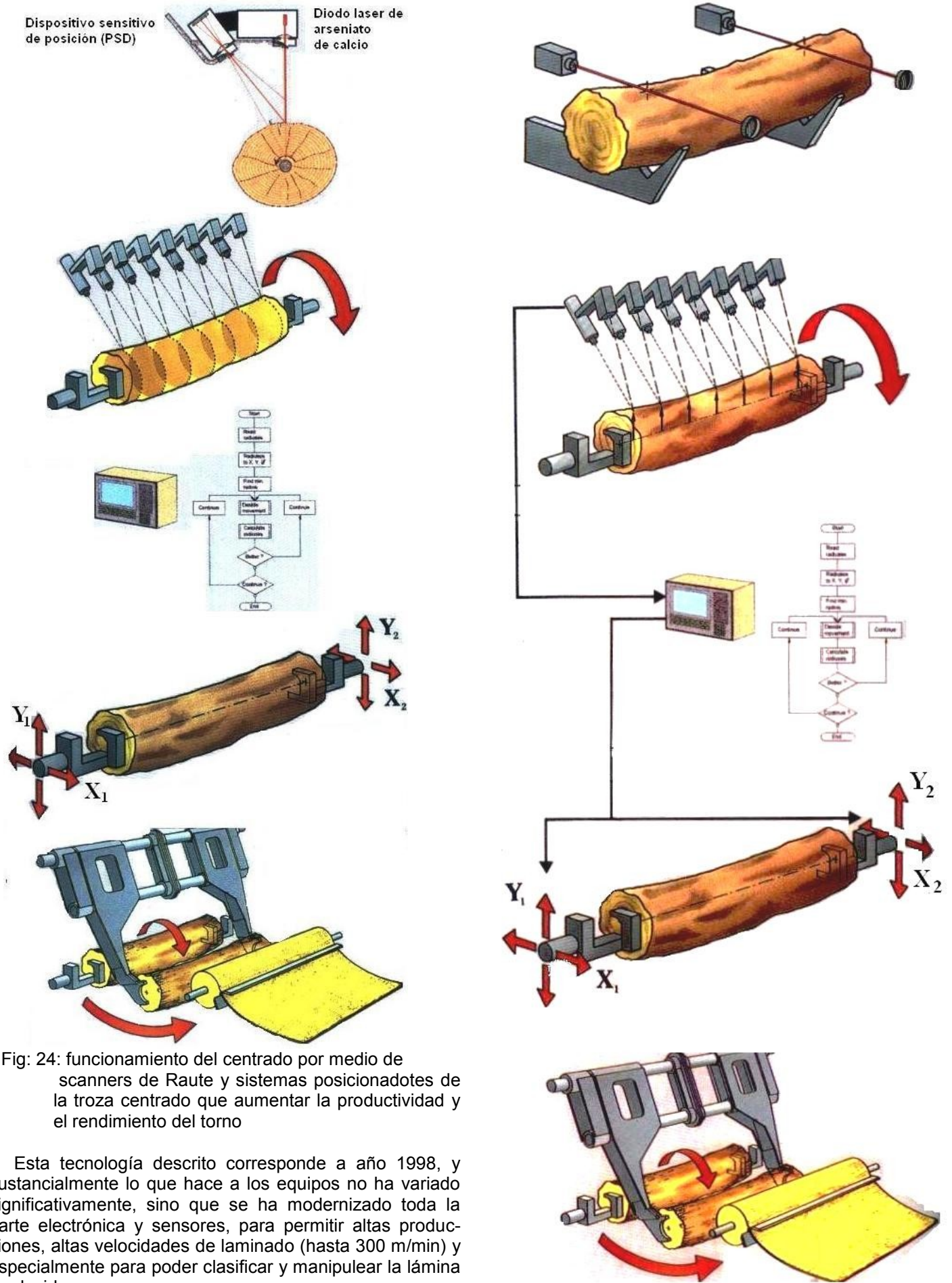


Fig: 24: funcionamiento del centrado por medio de scanners de Raute y sistemas posicionadores de la troza centrado que aumentar la productividad y el rendimiento del torno

Esta tecnología descrito corresponde a año 1998, y sustancialmente lo que hace a los equipos no ha variado significativamente, sino que se ha modernizado toda la parte electrónica y sensores, para permitir altas producciones, altas velocidades de laminado (hasta 300 m/min) y especialmente para poder clasificar y manipular la lámina producida.

La precisión del scanner no es afectada por diferencia de humedad, temperatura y variaciones de color del troza, ni luz exterior (la potencial del láser es regulada automáticamente de acuerdo al color del troza), ni por ruido. Eso garantiza que lo que se mide es el perfil real de la troza y no solo su silueta.

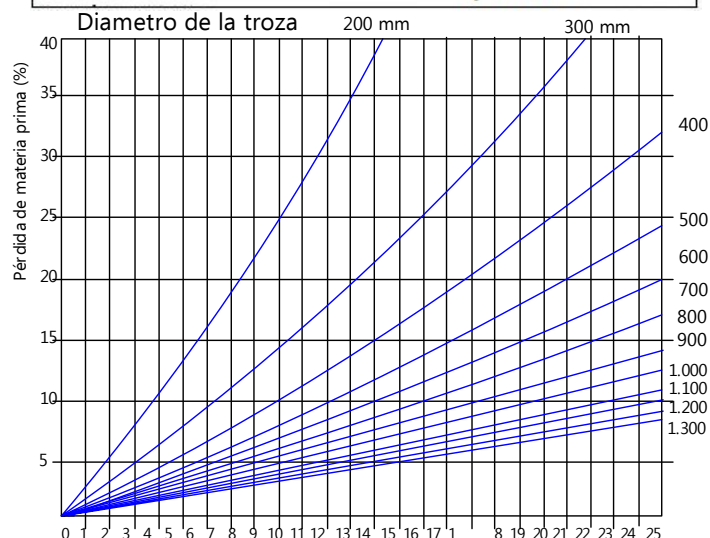
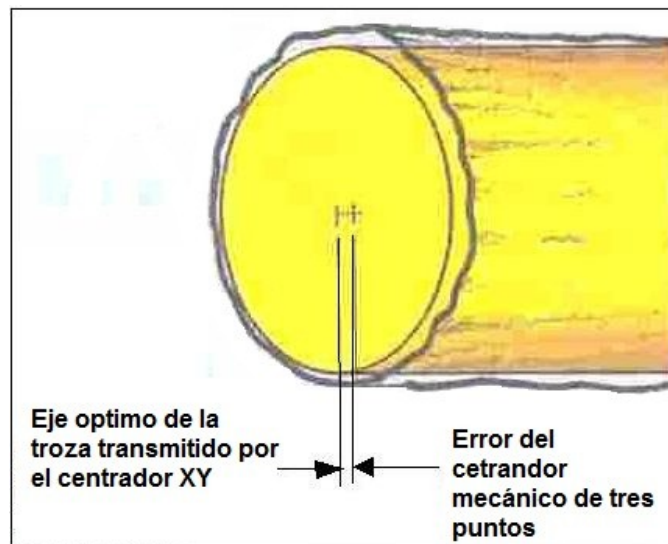
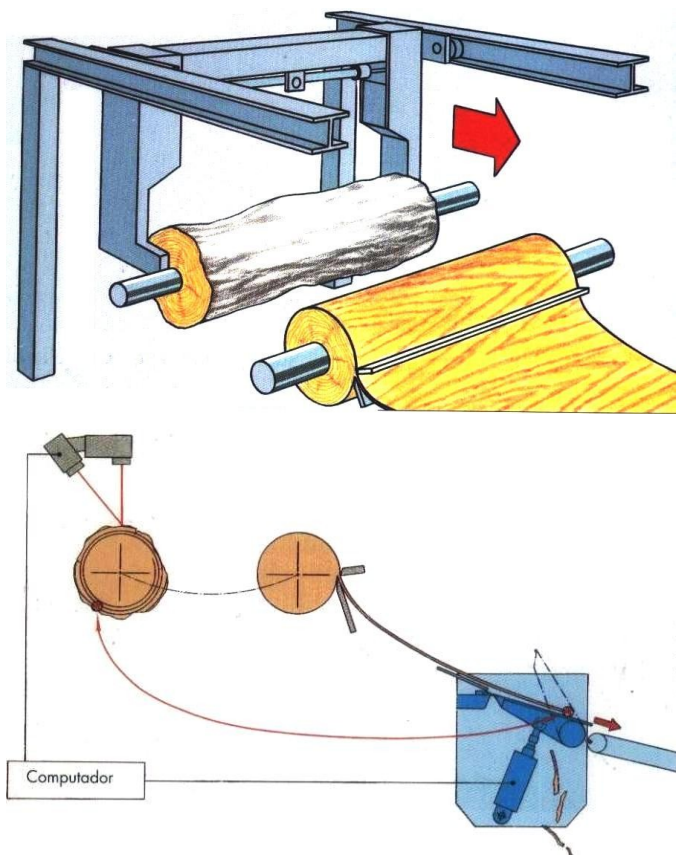


Tabla: La disminución del diámetro y la calidad de trozas para tableros de pino ha sido mitigada por cambios en la tecnología

Tecnología de	Tamaño del rollo	Tamaño del meollo	Rollos zafados en proceso	Tamaño del rollo luego dlas zafaduras	Rendimiento de lámina verde	Rendimiento de tablero
Mediados de '70	350 mm	135 mm	8 %	240 mm	65 %	51%
Fin de los '80	230 mm	50 mm	1 %	150 mm	73 %	57%

A continuación se puede ver un diagrama que calcula la pérdida de materia prima % (eje Y) en función del error de centrado mecánico y distintos valores de centrado mecánico (eje x).

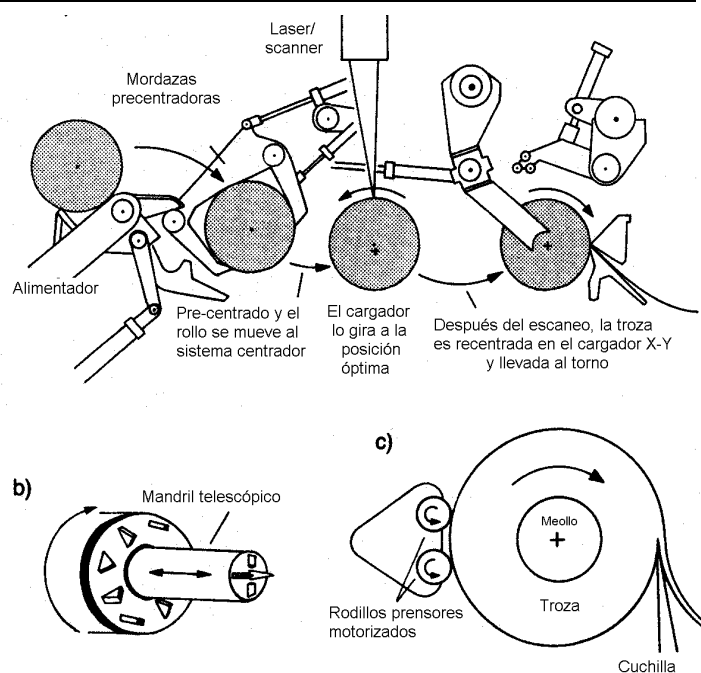
De eso se extrae que cuando menor es el diámetro de la troza, mayor es la incidencia del error de centrado mecánico, en términos de rendimiento.

La pérdida de material de la lámina entera en % depende de los errores de centrado y del diámetro de la troza.

Es importante considerar que las plantas modernas tienen niveles de producción superiores a 15,0000 m³/mes, por lo que la incidencia de una pérdida potencial de rendimiento del 1- 2 % representa valores monetarios de gran importancia. De allí la importancia de un centrado óptimo rápido y eficaz.

Fig. 25: a) Otro esquema de un posicionador y centrador XY de trozas, para ver como traslada el mismo al torno.

Fig. 26: b) Se pueden ver los mandriles telescópicos y los rodillos prensores motorizados que ayudan a transmitir el torque



Como se mencionó anteriormente, el hecho de centrar en forma previa las trozas antes de que ingresen al torno reduce el tiempo de fijación y aumenta la velocidad de debobinado.

Estudios demuestran las pérdidas producidas por el mal centrado de las trozas, lo que se acentúa aún más con prácticas de guillotinado inadecuadas.

Los primeros estudios de centradores XY fueron llevados a cabo en 1977 por *Coe Manufacturing* (actualmente *USNR*), resultando que para una misma troza, el sistema de centrado mecánico lograba cilindrarlo en 25 cm, mientras que el cargador X-Y lograba un cilindro en 29 cm. Estos 4 cm representaban una mayor cantidad de láminas enteras, menos cantidad de "colas de pescado", menor cantidad de láminas parciales y un significativo ahorro de mano de obra.

Esto se corroboró luego en planta, y el aumento de láminas enteras fue de 6,6%.

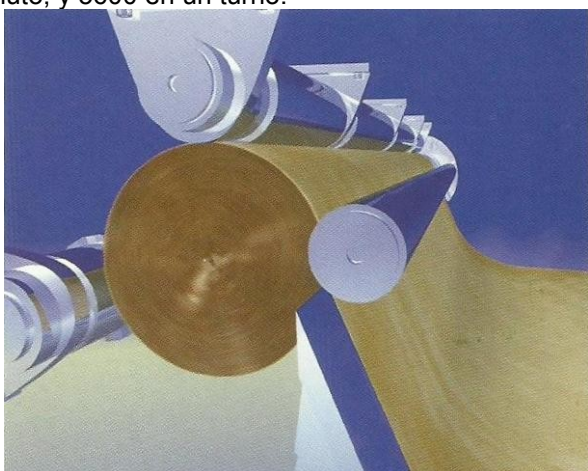
Rodillos tractores:

Los rodillos tractores posteriores contribuyen a transmitir torque a la troza y también evitan el pandeo de la pieza contra la cuchilla (Fig 26). Este sistema permite torrear madera por debajo de los 130 mm sin problemas de calidad de lámina. Además las mordazas reducen su diámetro y por ende permiten dejar meollos más pequeños. El uso eficiente de estos rodillos se nota en la obtención de una lámina plana y sin bucles. Además el meollo no tiene forma de barril. Es importante que esté bien diseñado para no obstruir la vista del operador, y con un buen ángulo de apriete.

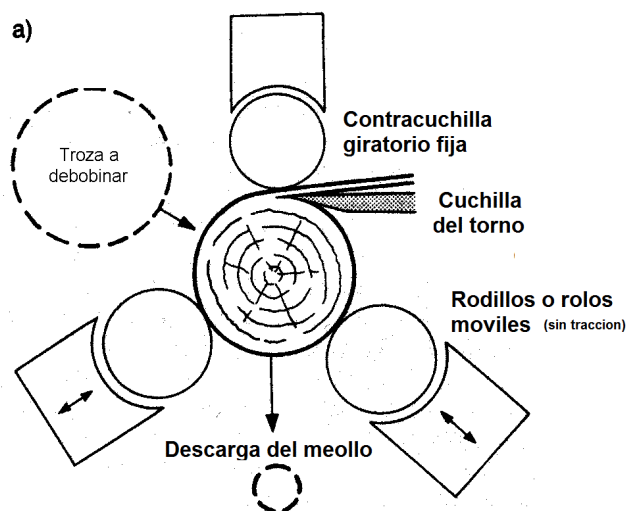
Tornos para meollos y tornos sin mordazas

Pequeños tornos menores de 1,4 m que se pueden usar para producir láminas de los meollos que provienen de los tornos principales, o a partir de trozas de pequeño diámetro. Al reducir a la mitad el largo de la cuchilla, se reduce también a la mitad el torque necesario.

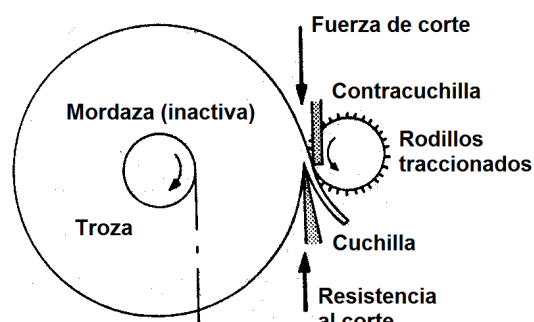
Tornos sin mordazas han cambiado la economía y han incrementado la productividad con trozas de diámetros pequeños. Un torno convencional cilindra la troza y lamina hasta el 50% la troza, luego transfieren el cilindro al torno sin mordazas (Fig 27. a). Son presionados dos rodillos inferiores contra el fijo superior (que actúa como barra de presión). Inmediatamente comienza el laminado a una velocidad lineal de 2,5 m/s. Una troza de 165 mm se puede laminar en uno o dos segundos a uno por debajo de 50 mm. Estos equipos pueden procesar 15-20 meollos por minuto, y 5600 en un turno.



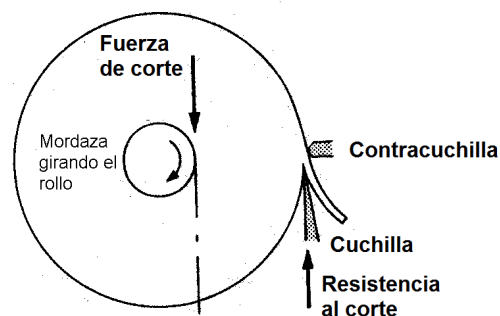
El torno Meinan Arist (Fig 27) sostiene la troza como un torno convencional, pero aplica una fuerza periférica usando una batería de discos dentados separados a 50 mm para girar la troza contra la cuchilla. El torque aplicado por las mordazas disminuye y la fuerza se aplica directamente sobre la cuchilla. Además disminuye la tendencia que tienen las trozas rajadas a desmenuzarse, lo que permite avanzar en su laminado. Los discos dentados producen pequeñas microfisuras en el lado firme de la lámina y la ablanda. Esto evita que la misma se enrosque o se rompa en pedazo y facilita el secado.



b) Torno Meinan Arist: Tracción periférica



Torno convencional: Traccionado por las mordazas



Localmente existe una sola planta en Argentina que tiene este tipo de torno: Coama Sudamérica Sa. En esta empresa, Seewald y Peluso (2015) en su Tesis de grado "Estudio de reingeniería de una línea de recuperación de meollos mediante torno sin mordazas en la industria de compensados", concluyeron que es factible alcanzar mejoras en los indicadores del proceso por medio de la implementación de los distintos cambios propuestos en un torno sin mordazas. Mediante la instalación de las diferentes automatizaciones de las operaciones, se reducirían en un

11,4% los costos de producción del m³ de lámina verde utilizada para relleno de los tableros que actualmente es de 75,20 u\$/m³, impactando de manera positiva en la rentabilidad del sector y cubriendo en bajos periodos de tiempo los valores de inversión de las diferentes mejoras que posibilitan lo mencionado. Con la reducción de los tiempos improductivos identificados, actualmente del 36,1% del tiempo total de trabajo, pasando a valores del 14,8%, se logra una reducción del 21,3%. Esto incrementa la productividad del sector de 2,8 m³/hora a 3,4 m³/hora, y permite aumentar la producción promedio de 303 m³ por mes a 367,5 m³, generando las correspondientes oportunidades económicas y reducción de un 7,7% de los costos productivos por m³ de lámina.

Sistemas de monitoreo y control del proceso

El objetivo de la evaluación del rendimiento es presentar datos seguros y procesos de un periodo deseado y en un tiempo mínimo. Hay varios métodos.

- El periodo inmediatamente luego del proceso (conteo estándar de residuos): Son usados datos de estudios previos basados en trozas y operaciones específicas para estimar el volumen de pérdida que debería haber.
- Periodo durante el proceso (medición de residuos): El residuo se mide en varios centros de trabajo y forma parte de la producción en marcha (meollos, desperdicios, guillotina y medición de lo producido). Similar al esquema de costos directos.
- Periodo luego del proceso (hallazgo de residuos): El residuo se calcula dividiendo el volumen de las trozas y con volumen de lámina producida.

Supongamos que se tiene un valor aproximado de 2,7 m³/m³ (materia prima/producto), el cual está por debajo del 2,85 proyectado, por lo que se ha producido un desvío en el rendimiento de la planta, por lo que es conveniente realizar "hallazgo de residuos", y se debería evaluar en qué lugar ocurrió la mayor pérdida lineal de lámina. De estos valores, comparando con los residuos estándares (conteo estándar de residuos) la variación del real del mes versus proyectado se encuentra fácilmente y en forma muy rápida.

Actualmente hay muchos sistemas electrónicos muy precisos de control de producción, pero se dieron estos temas dado en que nuestras plantas la tecnología en general no es muy moderna.

A continuación se traducen aspectos que brinda el fabricante RAUTE: "Elementos bases para la producción rentable de láminas" ("Torno debobinador modular" Raute Wood, 2002)

Alta recuperación

Meollo pequeño:

- rodillos de apoyo del mismo lado del troza
- pequeño diámetro de mordazas interiores
- rápida retracción de las mordazas telescópicas
- frenado seguro de la cuchilla cerca de las mordazas
- ajustes de cuchillas
- rodillos de apoyo motorizados → menos zafaduras
- barra de presión rotativa → libre de atascamientos y menos zafaduras de trozas.

Finalización del cilindrado

- basada en información suministrada por el scáner del cargador
- regulación del diámetro del cilindrado
- rápidos movimientos de cuchilla → acortamiento del borde delantero de la sábana de lámina (transición entre lamina desechada y lámina recuperable).

Aumento de la recuperación por mejor calidad de lámina

- Mayor precisión del espesor con avance hidráulico de cuchilla
- Láminas más firmes, más resistentes al manipuleo
- Control digital exacto de la velocidad de rotación → la sábana no se rompe por alteraciones.

Alta calidad de lámina

- Espesor uniforme, lámina firme y uniforme hasta el meollo de diámetro pequeño
- Libre de vibraciones a todas las velocidades por los robustos pedestales/chasis
- Carro portacuchillas rígido y firme de fundición nodular.
- Mordazas libres de deflexiones por cojinetes ubicados cerca de los extremos.
- La troza es fijada por rodillos de apoyo en el mismo largo, para evitar su pandeo.
- Dispositivo amortiguador de los rodillos de apoyo
- Regulación de la fuerza de apoyo de rodillos desde la consola de maniobra
- Fáciles ajustes de la cuchilla

Alta capacidad

Recambio de trozas a alta velocidad:

- Funciones rápidas del carro portacuchillas, mordazas, barra de presión y rodillos de apoyo

Cilindrado rápido

- Cilindrado basado en la información dada por el scáner del cargador

Cambio de espesor de cilindrado

Tiempos de parada minimizada

- Expulsor de meollo, servoajustes desde la consola, fijación hidráulica de la cuchilla, lubricación automática, limpieza con chorro de aire en la zona de cuchilla, barra de presión rotativa en el torno para coníferas, alta velocidad e laminado hasta un meollo chico.

Confiabilidad

- Componentes de alta calidad
- Estructura robusta

Producción flexible

- Fáciles ajustes de espesores de láminas, largos de trozas y especies de madera

Calidad del laminado:

La calidad del laminado, es independiente de la especie de que se trate. Los defectos ocasionados por la materia prima pueden ser eliminados o atenuados, ya sea mediante un tratamiento térmico adecuado o a través de un regulado del torno muy preciso o combinando ambas.

En las especies más difíciles de laminar, los efectos inherentes a la madera son atenuados con tratamientos

térmicos previos o con regulaciones más precisas en el torno o con la conjunción de ambas.

Los criterios seguidos para calificar un laminado son:

1. La calidad de la superficie de la lámina (lisa)
2. La uniformidad en el espesor de la chapa o lámina.
3. Alta resistencia mecánica (menor incidencia de las fendas de laminación, láminas "cerradas")

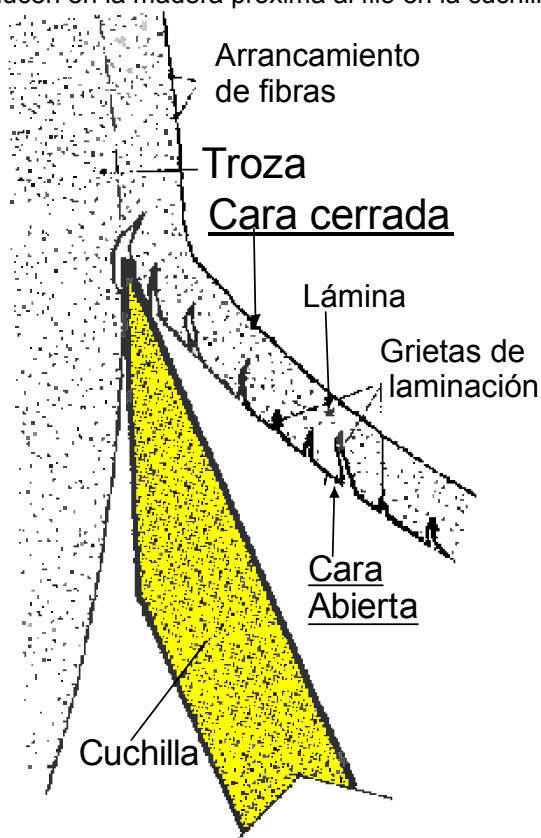
Las láminas abiertas son las que presentan fendas de laminación en oposición a la llamada "cerrada". En los casos que la lámina sea abierta, deberá estar libre de rugosidades y continua con un espesor regular. Sin embargo el concepto de cerrado o abierto puede cambiar según el uso de la lámina.

Defectos producidos en las láminas.

A continuación se describen los aspectos relevados por CTB, (1979) que definen los principales aspectos de la calidad de láminas, sus causas y como atenuarlos o evitarlos.

1) Laminas "abiertas" – grietas o fendas de laminación

Aspecto: Grietas más o menos numerosas, más o menos profundas, conocidas por el nombre de grietas o fendas de laminación, ocurren en el lado de la cuchilla durante el corte, estas se deben a tensiones (presión de la cuchilla) que se producen en la madera próxima al filo en la cuchilla.



Problemas:

Cuando las grietas de laminación aparecen en la superficie de los paneles acabados, este perjudica su aspecto y resistencia.

Cuando las grietas son muy pronunciadas, llegando estas a afectar la parte inferior, ellas pueden provocar la falla de los tableros, ante variaciones de humedad.

Además genera muchas roturas en la sábana durante las operaciones posteriores de manipuleo, e incide en mayores costos para guillotinar y unir las láminas, etc.

Posibles causas:

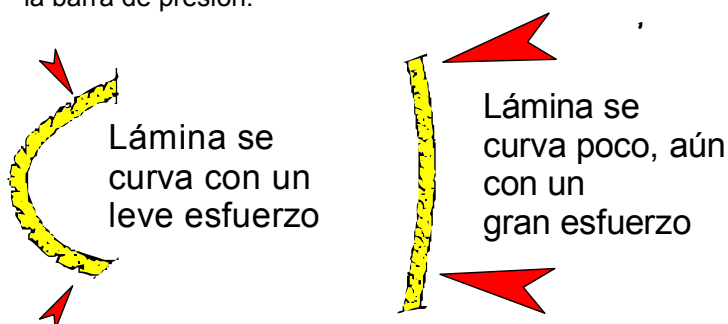
- Madera dura y muy densa, exigiendo ésta mayor tiempo de cocción.
- Trozas estén muy secas, viejos, presentando estas frecuentemente rajaduras en las puntas.
- Angulo de afilado de la cuchilla demasiado grande (error de afilación).

Medidas Rara reparar este defecto:

- Cocinar las trozas a la temperatura conveniente para el corte y procesarlas a esta temperatura.
- Mejorar las condiciones de almacenamiento de las trozas. Mantenerlas en una tasa de humedad aceptable hasta la laminación. Para esto humedecer las trozas por medio de aspersores, o dejar reposarlas en estanques de agua.
- Cambiar la cuchilla, asegurar el valor correcto del ángulo de afilación antes del montaje.

2) Laminas rugosas:

Aspecto: La rugosidad de las láminas aparece como una alternancia de cavidades y de partes sobresalientes, las cuales son menos evidentes en la cara exterior del lado de la barra de presión.



Problemas: La excesiva rugosidad reduce considerablemente la superficie de contacto entre las hojas, esto acarrea un mayor consumo de cola, produce uniones de mala calidad y obliga a un mayor lijado de las caras dando pérdidas en espesor durante ésta última operación.

Posibles causas:

- Madera dura y densa, exigiendo un mayor grado de cocción
- Madera demasiado seca durante el laminado
- Ángulo de afilado de la cuchilla demasiado grande
- Dirección de laminado no favorable a la madera

Medidas para reparar este defecto:

- Cocinar las trozas a la temperatura conveniente para el corte y procesarlos calientes (misma temp).
- Mejorar las condiciones de almacenamiento de trozas, de manera de poderlos mantener a una humedad razonable hasta el laminado. Un buen sistema es sumergirlos en agua y mantenerlos mojados por aspersión.
- Cambiar inmediatamente la cuchilla por otra que esté bien afilada

3) Láminas peludas o lanosas:

Aspecto: Las láminas presentan un aspecto de felpudo

Posibles causas:

- Trozas muy calientes para especies factibles de ser laminadas sin cocción.
- Trozas muy calientes o sobrecocidos (en el caso de las especies que necesitan cocción)
- Cuchilla sin filo.
- Angulo de la barra de presión muy agudo o borde muy afilado

Medidas para reparar este defecto:

- Laminar a temperatura ambiente
- Esperar que la temperatura de la madera descienda hasta que sea adecuada para su laminación. Detener el proceso si se ha enfriado la parte exterior de la pieza.
- Aumentar la frecuencia de afilado para mantener mejor el filo (cambiar más frecuente la cuchilla)
- Reducir, a través de un afilado conveniente, el ángulo formado por las caras afiladas de la barra de presión y la cuchilla

4) Láminas con fibras levantadas en placas:

Aspecto: Este defecto aparece bajo la forma de placas que se separan de las láminas que presentan mucho diseño (veteado) o con mucha contraveta.

Problemas: Estos problemas se dan como defectos propios de algunas especies que presentan una dirección del grano no paralela al eje de la troza, lo que acentúa por malas regulaciones del torno y por temperaturas de laminados inapropiadas.

Medidas para reparar este defecto:

Es posible reducirlo, pero no eliminarlo durante el laminado de espesores gruesos (2,5 mm o más) y cuando la madera presenta contraveta.

Puede ser evitado en láminas de bajo espesor (0,8 a 1,5 mm) en un control riguroso de temperatura y regulaciones precisas del torno.

5) Láminas con fibras arrancadas:

Aspecto: Las láminas presentan fibras que fueron arrancadas en la cara cerrada de la lámina (efecto de arañado), es decir del lado de la barra de presión.

Posibles causas: Ángulo de afilado de la barra de presión muy agudo.

Medidas para reparar este defecto:

- Montar una barra de presión con ángulo correcto

Láminas con ranuras provocadas por melladuras o dientes en la cuchilla o en la barra de presión

Aspecto: Estrías más o menos profundas y perpendiculares que se dan a lo largo de la lámina, perpendicular al grano.

Posibles causas: Dientes en el filo de la cuchilla y barra de presión, estando éstas ligeramente desafiladas

Medidas para reparar este defecto:

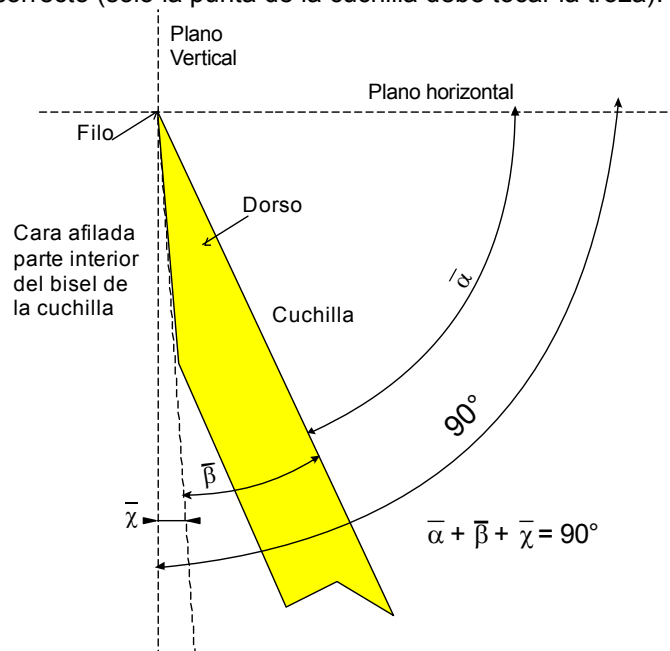
- Afilar la cuchilla y rectificar la superficie de la barra de presión.

6) Irregularidades en el espesor de las láminas en el sentido perpendicular al grano

Aspecto: La lámina presenta grandes ondulaciones en espesor en el sentido del grano de la misma, ellas no aparecen claramente visibles. Los ápices de las ondulaciones están a 30 cm o menos unos de otros, pero en general es mayor, y no siempre aparecen en una forma tan definida.

Posibles causas: Contacto excesivo del bisel de la cuchilla produciendo una alternancia regular de corte dando láminas más finas y más gruesas que la medida nominal seteada en el torno.

Medidas para reparar este defecto: Variar la inclinación de la cuchilla, para restablecer un ángulo de incidencia χ correcto (solo la punta de la cuchilla debe tocar la troza).

**7) Láminas onduladas:**

Aspecto: Contrariamente al defecto anterior, las láminas no presentan variaciones de espesor muy notorias, sino de solo décimas de mm separadas a 5-8 mm. Por esto se puede llegar a palpar, y lo que da la sensación de una lámina más gruesa. Puede deberse a máquinas mal fijadas o con mucho desgaste, por lo que se dan fuertes vibraciones.

Posibles causas:

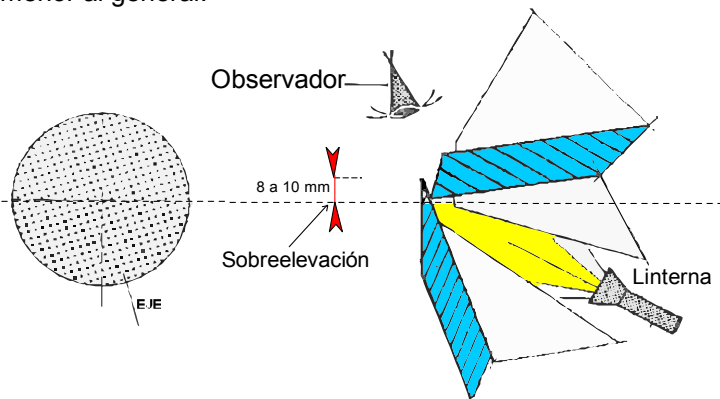
Ángulo de incidencia muy grande, originando vibración en la cuchilla durante el corte. Madera difícil de laminar, por estar muy seca (o congelada).

Medidas para reparar este defecto:

- Regular la incidencia de la cuchilla en un ángulo de incidencia menor (χ).
- Almacenar las trozas en alta humedad, o descongelarlas.

8) Láminas defectuosas relacionadas a la formación de un reborde anular sobre la troza:

Aspecto: Este defecto se presenta durante el laminado y aparece claramente sobre la troza. La lámina es producida más fina en esta zona, lo que ocasiona en el troza un espesor excesivamente anular que aumenta en cada vuelta y, rápidamente, fuerza a parar el laminado. Aparece sobre la lámina una ondulación perpendicular a las fibras cada vez más marcada. El espesor de la lámina en esa parte es menor al general.



Posibles causas:

- El paralelismo entre barra de presión y cuchilla está alterado parcialmente, debido a regulación incorrecta.
- El punto estrecho proviene de un punto más alto del filo de la cuchilla
- Irregularidad de resistencia a la compresión de la madera a lo largo de la troza. En las zonas de mayor dureza, el laminado es más fino y hay una formación anular.
- Un resto de lámina puede haber quedado encajado entre ambas herramientas, limitando en este lugar el valor del paso provocando este fenómeno.

Medidas para reparar este defecto:

- Controlar rigurosamente el paralelismo entre las herramientas
- Si es necesario, rectificar ligeramente el dorso de la cuchilla (si haya perdido su aspecto plano). Resulta evidente que el filo, determinado por la intersección de dos planos, quedará recto solamente si las caras son planas.
- Parar el avance del carro portacuchillas, único método para reparar este defecto inherente de la madera. Haciendo girar el troza, se vuelve cilíndrica y el laminado entonces puede continuar; es necesario reducir levemente la tasa de compresión.
- Parar, destrancar el porta barra de compresión para eliminar el residuo de madera y continuar el laminado.

9) Espesor variable e irregular en el sentido del grano

Aspecto: el laminado es hecho siguiendo una superficie cónica o bicónica de la troza, pudiendo ser tres casos.

- 1- bordes de láminas curvilíneas, producidas por falta de paralelismo entre las herramientas
- 2- lámina más fina en su parte media, aparece dilatada o inflada en el medio.

Solución: Se debe reajustar el paralelismo entre cuchilla y BP; reajustar la luz entre ambas -asegurándose de los valores mediante sondas (medidores de espesor). Estas pueden ser diferentes en sus dos extremos, lo que puede llevar, bajo una acción de esfuerzo de corte, aun sospechado falso paralelismo).

Posible causa: El troza, cuyo diámetro disminuye a medida que se lamina, toma la forma abobedada bajo la presión del carro portacuchillas; a medida que el diámetro disminuye, el espesor de la lámina en el medio es inferior a los espesores de los extremos; y el meollo formado tiene la forma de un tonel alargado. Este defecto se elimina compensado esta flexión con otra presión opuesta, mediante un sistema de rodillos posteriores.

- 3- la lámina, más gruesa en su parte media, parece estirada en el medio y ondulada en sus extremos.

Causa: Esto pasa porque disminuye de la cota vertical (CV o δ) o de la cota horizontal (p) de la madera, especialmente en el medio de las herramientas, debido a una dilatación térmica, posiblemente debido al laminado de madera muy caliente o fricción.

Solución: Equipar el portaherramienta con un sistema de refrigeración.

10) Lámina escamosa en okoumé (Aucoumea klaineana)

Aspecto: Se trata de una dilatación o de una fragmentación de la lámina provocada por una delaminación de las capas de madera en algunas zonas.

Problema:

El defecto afecta a la estructura de la lámina y se puede traducir, principalmente, por la separación de escamas de madera, abriendo sobre las caras cavidades de superficies y profundidades más o menos grandes en el momento del lijado del panel. Además de esto, la dilatación compromete la adherencia de las mismas en los paneles. Este defecto no siempre es aparente en láminas verdes, sino que aparece luego del secado doblando ligeramente la lámina en el sentido de la fibra. Es despegado de las fibras aparece en el lado cóncavo. La lámina dilatada no es utilizable, tanto para fabricar como compensado, como para lámina.

Posibles causas:

Se debe a la acción de la barra de presión, la fragmentación siempre se sitúa a 0,3 a 0,8 mm de la cara cerrada. Aplicando una presión muy alta, por medio de la barra de presión, el operador del torno es llevado a compensar las consecuencias de este defecto de regulado, haciendo que la barra de presión penetre muy profundamente en la madera, lo que provoca la separación de las camadas entre sí.

Manejo de operaciones:

Es importante tener un sistema preciso de reportes por cada centro de trabajo (torno, guillotina, secadero) para determinar las pérdidas producidas y corregirlas!. Existe una resistencia por parte de la empresa por realizar medi-

ciones y controles, porque en muchos casos no se toman decisiones con la información recabada, y terminan siendo un trámite o una simple planilla que se archiva.

Por otro lado, también en algunos casos suele la resistencia del operador a llevar los controles, por el temor a ser controlado. También es frecuente no se registre rigurosamente información, y esta resulta poco útil por ser inconsistente.

Los equipos modernos, gracias al avance de la electrónica, emiten sus propios reportes que evitan este tipo de problemas, tal como el sistema de gestión de tiempos improductivos en tiempo real elaborado por Preukschat y Weber (2014) aplicado a una industria de molduras, pero que puede ser aplicado a cualquier proceso industrial

Lo básico de un proceso en controlar en algunos puntos críticos de control, y en esta industria son:

- 1- Trozado y descortezado del troza
 - Grado de precisión del corte al largo deseado
 - Calidad del trozado para eliminar defectos
 - Método de descortezado
 - Daño por manipuleo
- 2- Selección de la troza y orden de las estibas: Stock
- 3- Acondicionamiento de la troza (vapor, agua caliente) o laminado en frío.
 - Temperatura de cocción
 - Duración del tratamiento.
- 4- Carga del troza
 - Método de centrado- centro de la troza o eje geométrico. Calibrar centrado XY en forma rutinaria.
 - Condiciones mecánicas del equipo
 - Torno
 - Desempeño, conocimiento y experiencia del operador.
 - Estrategia de la gerencia operativa
 - Diseño de equipos
 - Mantenimiento de equipos: Control de paradas y tiempos improductivos (tiempos muertos)
 - Producción diaria lograda
 - Controles dimensionales: Espesor, ancho, largo.
- 5- Sistema de almacenamiento de láminas
 - Diseño de la unidad
 - Operación mecánico o eléctrica
 - Guillotinado de láminas
 - Desempeño, conocimiento y experiencia del operador.
 - Estrategia usada para la producción de distintas calidades, criterios de saneo, etc.
 - Control del sistema
 - Funcionamiento mecánico
- 6- Clasificación de láminas verdes
 - Sistema manual, de bins, o automatizado por transporte de vacío
 - Estrategia de clasificación- contenido de humedad, calidades y por ancho.

Estos son temas que tienen características comunes. Son obvias, porque son parte del sistema productivo. Además afectan a un buen rendimiento la selección de equipos, su mantenimiento, selección de empleados y capacitación, entre otros factores. En definitiva, la eficiencia de las operaciones dependerá de las decisiones tomadas, y de esto de la calidad de la información.

h- Guillotinado

El objetivo de este proceso es maximizar el rendimiento y aumentar la rentabilidad del torno laminador, por ende de toda la planta.

El hecho de guillotinar bien, incide directamente en el rendimiento del proceso de laminado.

Ya se ha mencionado anteriormente que costos de materia prima representan cerca del 60% del costo totales y en la guillotina de un 16 a 25% se convierte en residuos de láminas (Baldwin, 1992).

Paso del torno a la guillotina

Un elemento de vinculación importante entre estos dos equipos es el paso del torno a la guillotina, por el hecho de que ambos pueden tener capacidades operativas muy distintas. Normalmente el torno puede procesar a una velocidad superior a 1000 m/min, y una guillotina convencional "zig-zag" no supera los 30 m/min de avance. De allí la importancia de este paso.

El tiempo de funcionamiento, como se verá dependerá de los diámetros de la troza ingresado y del meollo o residuo (subproducto). De esto se deduce que para diámetros pequeños, la longitud de la lámina obtenida y los tiempos de funcionamiento son también reducidos, por lo que el almacenamiento de la lámina no será un problema; y la alimentación al torno deberá ser lo más rápido posible para evitar tiempos muertos. Sucederá lo contrario en el caso de líneas de laminado de trozas gruesas.

Existen varios métodos para transferir la lámina recién producida a la guillotina. Estos son:

1- Línea de laminado de trozas pequeños (140-400 mm) – Sistemas Acoplados

Este es usado en general en las plantas que usan coníferas, últimamente se ha difundido gracias a los avances logrados en la automatización del guillotinado, la clasificación y el manipuleo de las láminas verdes. La lámina parcial (cola de pescado) producida durante el cilindrado se deriva a una línea inferior, y la lámina entera pasa por arriba a la guillotina. Se configuran las velocidades de trabajo para que guillotina consuma la producción acumulada en el tiempo que el torno está parado cargando o cilindrando otra troza, por lo que este sistema es ideal para pequeñas trozas. Suele tener una mesa de acumulación larga, de 40-80 m, donde se debe llegar a acumular una "sábana" de una troza

Consta de los siguientes elementos

- Cargador de trozas y cargador de torno.
- Torno
- Guillotina o guillotina
- Opcional: Secaderos de rodillos o de esteras/bandas acoplados a la línea de laminado.

El centrado se consigue por varios sistemas, como se verá luego, pero supongamos por tres puntos.

La lámina producida puede ir a un muelle de almacenamiento en plano y luego a la cizalla, que puede ser manual o automática. El apilado de la lámina guillotizada se hace de la misma forma, de acuerdo a la tecnología.

En el caso que sea del tipo "acomplado" propiamente dicho, la lámina para directamente al secadero (de chorro y de rodillos). En estas líneas el secado también puede rea-

lizarse mediante un secadero continuo de "sábana" de las lámina, y a la salida del cual se encuentra la guillotina.

La capacidad de esta línea viene determinada por ésta última, ya que tiene que estar saneando la lámina "en línea". Dada la velocidad de laminado, es difícil conseguir esta sincronización entre torno y guillotina cuando se supera los 400 mm de diámetro.

2) Línea de laminado para grandes diámetros (>800 mm) - Sistemas de carreteles

En este caso la lámina "sábana" se enrolla en carreteles, los cuales son guillotinados en un segundo turno. Es una buena forma de optimizar el uso del torno en un turno. Es usado en especial en latifoliadas para la producción de "caras" para terciados decorativos, que en general laminan a finos espesores. Debido a estos espesores bajos, se producen una gran "sábana" de lámina por cada troza, que debe ser acumulado para su saneo/guillotinado. Además, al ser muy finas, requieren un cuidadoso manipuleo para maximizar el valor agregado. Este sistema utiliza Queiroz y Henter, entre las fábricas locales; diseñadas para latifoliadas en sus inicios. Con mayores diámetros de las trozas, la longitud de la línea requerida es mayor, llegando en algunos casos a rondar los 200 m. este hecho justifica claramente que el enrollado en esas bobinas de 25 cm se convierta en una fase indispensable de la línea.

El sistema de carga suele ser por puente grúa y el centrado es óptico (XY, *proyección de coordenadas o proyección de círculos concéntricos*). El torno tiene un sistema descargador de roletes o carreteles. El mayor rendimiento se obtiene mediante líneas de diferentes para el debobinado de trozas de diferentes calidades.

Se puede establecer para un mismo torno el sistema de muelles para apilado de plano de la lámina y corte automático por cizallas y medidas fijas. (Fig.50)

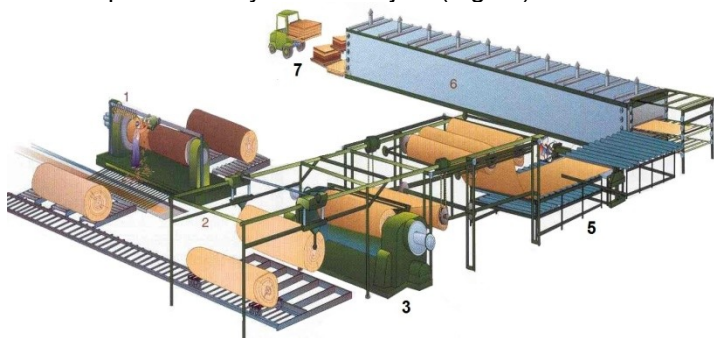


Fig. 50: Línea para trozas gruesas a roletes o carreteles

El transporte y movimiento de las láminas para guillotinado, llegado el momento, la lámina es desenrollada de estas bobinas y es guillotinado, donde se sanea los defectos para luego ser cortada en su longitud deseada.

El aumento de las velocidades de laminado ha hecho que en la actualidad se hayan adoptado diversas soluciones para el manejo de la lámina obtenida.

Sea cual sea la opción elegida, siempre se debe mantener independencia el laminado en el torno de cualquier otra fase del proceso, impidiendo así cualquier interferencia.

Tipos de guillotinas

La función es la de seccionar la sábana en piezas para armar el tablero, y sanear las láminas con defectos.

Existen dos tipos de guillotinas

1- Convencional o "zig-zag"

Este equipo es el que presentan las fábricas más antiguas. Se llama también "zig-zag" por su accionamiento neumático, realizando un corte vertical. Aunque no lo parezca, es un sistema discontinuo, aunque su detención sea casi imperceptible. Ocurre que para no generar atascamientos, la línea debe detenerse brevemente el avance. En algunas no se detiene, y se agrieta la lámina justo al lado del corte.

2- Guillotina rotativa (Ver fig. 28)

Mejoramiento del guillotinado

Esta guillotina permitió alcanzar las mismas velocidades de laminación de los tornos más modernos, por lo que esto permitió un cambio importante en el diseño de las líneas de laminado. La cuchilla es accionada por un servomotor (posee 2) realiza un giro de 180° cada vez que es accionada. La Posición de espera es horizontal, para permitir el paso de la lámina.

Con la guillotina rotativa se pueden lograr altas velocidades de trabajo. El sistema funciona con dos rodillos, uno de los cuales tiene una cuchilla y el otro funciona como un yunque (Fig. 28 y 29). Como ambos rodillos giran sincronizados al flujo de la lámina, no necesitan que la línea de detenga, y tampoco ocasionan atascamiento y pliegues. Las velocidades rondan los 250 m/min para hojas completas con una precisión de corte de $\pm 2,5$ mm y son menos móviles y menos pesadas, más confiables y requieren menos mantenimiento de las convencionales.

Cuando se requiere realizar recortes, se puede disminuir la velocidad de corte. Por ejemplo, para recortes mínimos de 70 mm, lo velocidad de avance máxima es de alrededor 70 m/min (Raute, 1999)

Para estas velocidades, siempre deben estar acompañadas a un escáner de reconocimiento de defectos automático, y a una línea de clasificación de láminas verdes totalmente automática

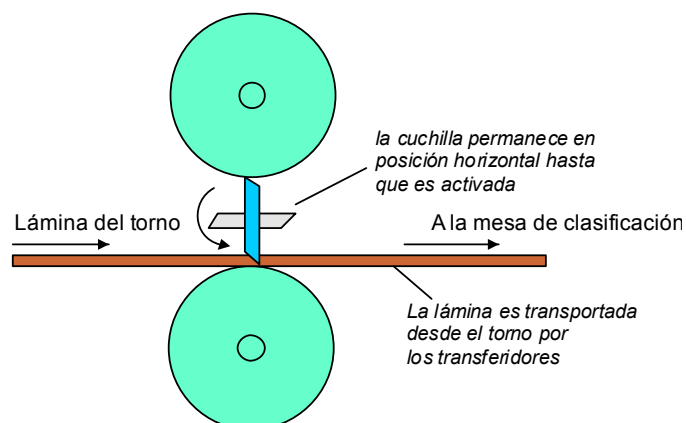


Fig. 28: funcionamiento de la guillotina rotativa

Los desplazamientos de la cuchilla, el yunque y la lámina están perfectamente sincronizados con el objeto de lograr el corte en movimiento. Esto asegura un flujo continuo sin paradas de la lámina, eliminando el amontonamiento de la lámina sobre el yunque.

Este equipo tiene pocas partes móviles, por lo cual no requiere grandes fundaciones ni mucho mantenimiento, y si lo requiere es muy fácil de aplicarlo. Los yunques quizás se necesiten cambiar luego de un año de trabajo y la vida útil de la cuchilla es de 20 semanas con hasta 10 afilaciones en ese periodo. El cambio de la cuchilla dura aproximadamente 15 minutos.

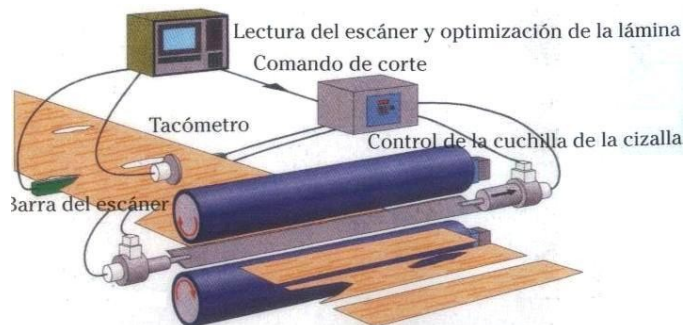


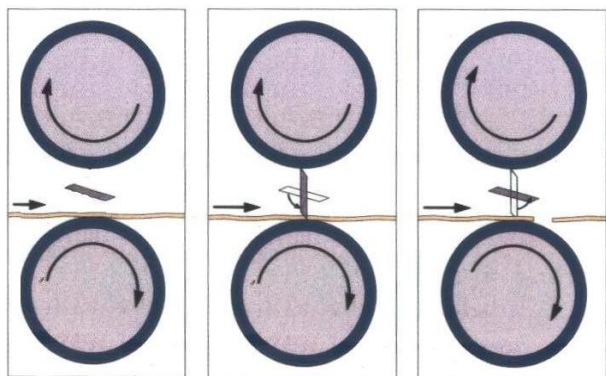
Fig. 29: Guillotina rotativa automatizada

Guillotina Twin o Gemela

Esta permite recuperar láminas de 1,40 m de ancho es decir media lámina.

Esta guillotina Raute es controlada por un microprocesador que trabaja en conjunto con el scanner.

Guillotina Twin.



Con la división de la sábana en dos tiras antes de la cizalla, se obtiene el mejor rendimiento posible. Las dos tiras se cortan en forma independiente, produciendo cada parte láminas retazos y desechos. Este sistema se aplica para la producción de compensados de medidas internacional, de 1,22 x 2,44 m, ya que el ancho es múltiplo del largo.

Estas pueden funcionar en forma separada o en conjunto, y así puede trabajar como una guillotina rotativa tradicional.

Esta tiene scanners de la sábana de ancho completo o las dos separadas

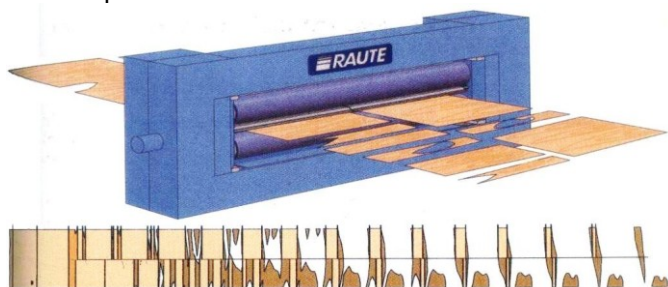


Fig. 30: guillotina Twin fabricada por Raute

Pero por más sistemas computarizados que existan, esto no es todo para disminuir las pérdidas en residuos; mucho interviene el personal en estos aspectos.

Esto significa:

- Realizar la clasificación precisa y un marcado de la lámina para obtener el máximo volumen utilizable
- Controlar la calidad del guillotinado para ver si se tira lámina por falta de calibración del equipo.
- Capacitar continuamente al clasificador para que aplique claramente las normas de clasificación, obteniendo láminas de la calidad más alta posible

Se dan algunos pasos para controlar y mejorar este aspecto:

- Determinar el estado del guillotinado actual: Es importante saber donde se está, por ahí se está por debajo de las expectativas.
- Identificar el mix de calidades producidas vs necesarias. Esto es para controlar el stock.
- Revisar performance y las condiciones del mercado:

Una vez que se logra la sábana, la tasa de producción de láminas completas es muy alta.

Nuevas tecnología en guillotina y apilador de láminas

La moderna tecnología de centrado de trozas no produciría ninguna ventaja si luego del torno se cuenta con muchos operarios manipulando las láminas, y lo mismo si son guillotinadas con máquinas manuales "zig-zag", que ya se mencionó, no son las adecuadas por tener una baja precisión y productividad.

Analizando los "cuellos de botellas" de la planta, podemos concluir rápidamente que el torno es el equipamiento más veloz (pariendo de 100 a 250 m/min) y si se logra que trabaje continuamente, se mejorará mucho la calidad y la productividad.

Pero si la lámina producida es manipulada por operarios en cualquier fase del proceso, es donde ésta comienza a perder productividad y calidad (Cremona, 2004).

En muchas empresas existen equipos obsoletos, cuya productividad depende de la buena voluntad de los operarios, que se traduce en un aumento del "descarte".

Es por ellos que la línea posterior al torno es la que más afecta la productividad del laminado.

Para poder accionar la guillotina, la lámina es analizada mediante una barrera de sensores ópticos que indican a la guillotina la calidad de la madera (nudos, fisuras), permitiendo que la misma trabaje de acuerdo a parámetros previamente fijados en el programa de la computadora.

Trabajando a una velocidad de hasta 250 m/min, la guillotina es capaz de realizar un corte mínimo de 45 cm, con una tolerancia de precisión de corte de ± 5 mm. Es decir, si encuentra un defecto, a lo sumo puede cortar a 5 mm del defecto, es decir muy precisa comparados con una guillotina "zigzag", con errores de hasta 150 mm.

De acuerdo a los cortes realizados (*infinita posibilidad de programación del corte inicial y final, cola de pescado, agujeros mínimos y aceptables, calidad de acuerdo a los nudos permitidos, etc*), la guillotina manejará el envío de descarte, tiras reaprovechables, láminas pequeñas y enteras para sus respectivos lugares, o sea:

- Descarte:** inmediatamente retirado de la línea luego de la guillotina, a través de un soplo de aire comprimido y flaps de desvío.
- Tiras reaprovechables:** eliminadas de la línea antes de la entrada al apilador. Las tiras son desviadas para un tapete de retorno, que posibilita que un operador las clasifique o separe de acuerdo con los diferentes parámetros de clasificación.
- Láminas pequeñas:** Hasta un ancho de 600 mm. Las láminas pueden ser encaminadas a estaciones de descarga en el apilar a vacío, permitiendo un movimiento ordenado y sin prejuicios a la calidad (siempre debido al mal manipuleo de los operadores)
- Lámina enteras:** de acuerdo con el tamaño de las láminas (anchos de acuerdo a los parámetros programados en la guillotina), ellas pueden ser apiladas en diferentes estaciones, organizando la producción

La guillotina proveerá toda la información estadística de producción, que pueden ser enviadas on-line a la gerencia de producción.

Una vez cortadas las láminas con apiladas de acuerdo a sus dimensiones.

Las estaciones de apilado (mesas levadizas) pueden ser configuradas de acuerdo a la necesidad. Normalmente se usan 4-5, permitiendo que la línea pueda trabajar con 2 calidades de lámina entera, 1 lámina menor y 2 estaciones acopladas para apilar láminas de meollo (con ancho 2700 mm, para paneles de 4'x 8').

Dimensiones de tableros

El mercado internacional tiene medidas de 8' x 4' (= 2,44 m x 1,22 m) y en menor medida 4' x 4' (= 1,22 m x 1,22 m), teniendo como ventaja principal, que son múltiplos entre sí, de manera que todo el proceso productivo se simplifica sustancialmente, ya que se abastece con un largo único de trozas, hay una calidad única en verde, que después se clasifica una vez seco, y se fracciona a la mitad para obtener el relleno. Esto simplifica mucho el esquema productivo, y disminuye el stock en planta, con ello los costos.

A continuación se presenta un esquema de cómo se dan más dimensiones de los productos a lo largo del proceso productivo, con dimensiones aproximadas.

Observemos que en el sentido de las fibras siempre se adicionan 0,10 m y en el sentido perpendicular a las fibras algo más del 10 %, pues en el secado, la contracción en el sentido de las fibras es prácticamente nula, mientras que en el sentido perpendicular (corte puramente tangencial) a las fibras es del orden del 10 %, siendo función de la especie, siendo esto estudiado por *Fieder, Baron* (2016) y tesis de grado de *Morel* (2016) para *Eucalyptus*, con un alto impacto económico en la mejora del rendimiento del proceso, ahorro de adhesivo, mejora de la eficiencia del secado mediante mejoras simples de implementar en planta industrial.

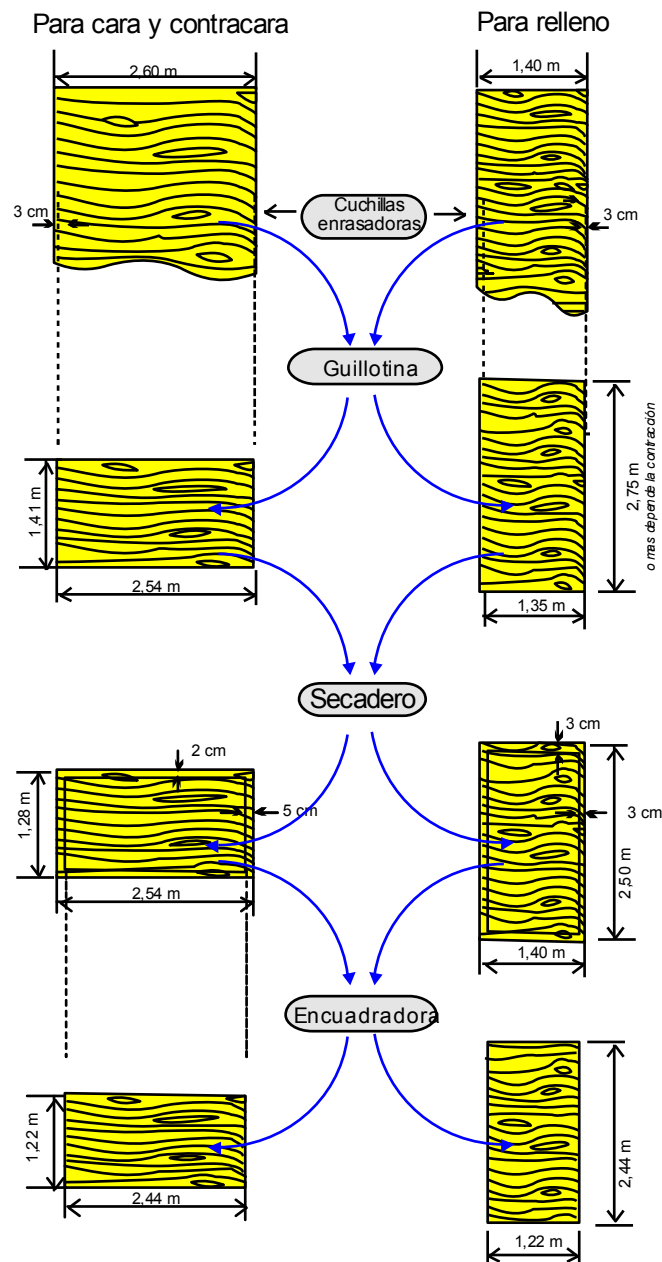


Fig: 31: Esquema del dimensionado 1,22 x 2,44 m

En el mercado nacional ocurre algo particular: Las dimensiones de los compensados provienen de la fabricación del terciado, pues las primeras plantas han sido diseñadas para producir "terciado" decorativo. Para optimizar el uso de este producto, que principalmente se destina en esos años a "puertas placas" o muebles, se establecieron medidas que sean múltiples de una puerta placa, para así optimizar su uso. Una "puerta placa" convencional tiene 2,0m x 0,70 m, y por ello el terciado denominado "doble puerta" tiene la dimensional específica. Al haber diseñado las prensas con este tamaño, se estableció este producto en el mercado local.

Las medidas comerciales de compensado en nuestro país son 2,10 m x 1,60 m, para lo que debe usarse todo largos de trozas:

- L = 1,75 m para producir de 1,60 m x 1,60 m
- L = 2,25 m para producir de 2,10 m x 1,60 m

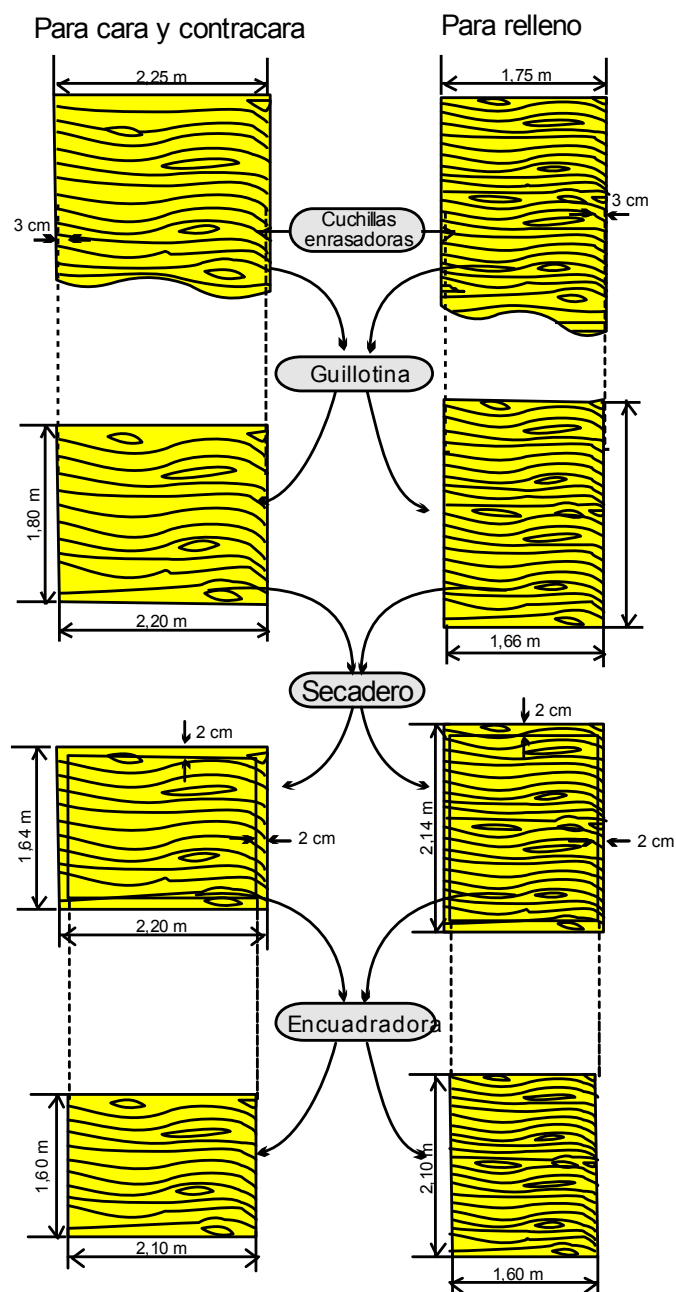


Fig: 31: Esquema del dimensionado 1,6 x 2,10 m

Clasificación verde:

La clasificación en verde puede ser dimensional solamente, o ya por calidades. Esto sirve para evaluar la materia prima, y poder planificar la producción. Existen varios métodos, de acuerdo al nivel tecnológico de la planta.

Sistemas manuales

Este sistema es similar a la de una cadena de clasificación de un aserradero, donde hay un grader que clasifica las láminas y personas o sistemas para ubicar la lámina en su buzón o paquete correspondiente. Aprovechando que son piezas muy livianas, se ha desarrollado toda una tecnología de manipuleo por medio de sistemas de vacío. Se asocia a línea de producción antiguas, con guillotina "zig-zag", por la baja velocidad operativa.

Clasificación verde neumática automática

Esto es para líneas de producción más modernas, y requieren indefectiblemente un sensor automático de la calidad de láminas.

El sistema escanea y clasifica, para posteriormente enviar el orden de depositarlo en un determinado box o bin. Al tener medición de stock por calidad en tiempo real, permite maximizar la producción de láminas enteras de determinada calidad. Al mismo tiempo, sirve para seleccionar las láminas para cara o contracara, lo que significa sanear defectos como colas de pescado, falta de material, y rajaduras.

Las condiciones para el saneado y la recuperación dependen de cada fábrica, pero siempre se debe considerar que el valor agregado debe ser mayor a los costos de manipuleo y clasificación de láminas de ancho variable (tiras).

i. Sección Secado de láminas:

Este suele ser un importante cuello de botella de la planta por diversos motivos, pero básicamente porque es un proceso lento. Es importante conocer detalladamente la física del secado, y tener los conceptos termodinámicos bien claros para poder optimizar este proceso.

Introducción:

El secado es una parte muy importante del proceso de producción de láminas. Luego del debobinado, la humedad de la lámina es muy elevada, variando en un rango del 30 a 110 % (en peso seco), según la densidad de la madera, si es duramen o albura, si ha sido cocinada en agua o vapor, etc.

Según LUTZ, 1.978, algunas características deseables del proceso de secado de láminas son:

1. Láminas con un contenido de humedad homogéneo en toda su superficie.
2. Láminas sin bucles u ondulaciones.
3. Láminas con mínimas fendas de laminación.
4. Láminas con una superficie apta para encolar.
5. Láminas del color deseado.
6. Que las contracciones de secado sean mínimas.
7. Que las láminas no resulten colapsadas
8. Que tengan el mínimo de endurecimiento superficial

El secado rápido es necesario por los siguientes hechos:

1. La lámina debe ser secada para poder ser procesada, encolada y lijada.
2. Después del secado se eliminan los hongos y reacciones químicas que puedan afectar al producto elaborado.

El contenido de humedad final varía según el producto. Por ejemplo para la lámina fauedada, ésta estará en el rango de 8 al 12 %, y el de la lámina debobinada para compensados entre el 6 y 8 %, ya que éste debe ser encolada a la brevedad. Se seca a bajos contenidos de humedad, porque posteriormente en el encolado, se incorpora mucha ajuá.

Cuando se seca maderas blandas para fabricar compensados fenólicos, el contenido de humedad debería llegar al 6-7 %.

Para láminas de maderas latifoliadas, y con cola ureica, el contenido de humedad puede ser de un 8 a 10 %.

Es sumamente importante necesaria una homogeneidad del contenido de humedad en toda la lámina para lograr la estabilidad dimensional. En lo que respecta a la economía, la operación de secado debe ser lo más rápida posible,

pero sin daños. Es un proceso que lleva el tiempo justo, y cualquier apuro se paga con pérdida de calidad

Si se cuenta con un torno o una faqueadora con alta productividad, se debe contar un sistema de secado rápido, que tenga la capacidad de secado, y que no sea un "cuello de botella" en el lay-out de la fábrica.

Un secado sin control puede perjudicar seriamente a la producción de láminas, lo que redundará en una disminución del rendimiento y baja calidad de subproductos.

Algunas de las propiedades de la lámina que afectan al secado

Los factores que afectan al secado de láminas provienen de la misma lámina y otros de las condiciones bajo las cuales se realiza el proceso.

- 1) **Espesor:** Cuando más gruesa la lámina, más difícil es secarla. Por eso que si la lámina tiene espesores irregulares, ya sea porque es elaborada por un torno mal regulado o por otra causa, no podemos pretender que el contenido de humedad final sea homogéneo.
- 2) **Humedad inicial:** Esta afecta al tiempo total del secado. El contenido de humedad de los rollizos del primer corte puede ser mucho más alto que el de los segundo corte (hasta de 2 a 1 en Sequoia), por lo tanto requiere mayores tiempos de secado.
- 3) **Densidad:** Esta hace variar el tiempo de secado, la madera de mayor densidad necesita un calentamiento lento, y requiere mayor cantidad de calorías para calentar y secar que otra madera menos densa.
- 4) **Diferencia entre albura y duramen:** puede afectar al secado en algunas especies, pero no en todas. Las diferencias se deben a la diferencia de permeabilidad que presentan las distintas maderas. De todos modos, resulta poco práctico poder clasificar en planta, es meramente académico este aspecto.
- 5) **Madera de compresión y tracción,** estas se comportan en forma diferente las normales de la misma especie. Generalmente se contraen más en el sentido longitudinal, por lo que las láminas con vetas de tensión o compresión tienden a enrularse durante el secado. Parecería fácil de reconocer la madera de compresión, pero para los operarios no siempre es así, y es poco factible separarla para secar bajo otro proceso.

Algunas condiciones del secadero que pueden afectar al secado

En general, el secadero debe operar teniendo como premisa mantener la lámina lo más plana posible y transferir tanto calor como sea posible, sin deteriorarla.

Los factores del secadero que pueden afectar el secado son.

1. **Temperatura:** Casi siempre a máxima capacidad
2. **Velocidad del aire sobre la superficie de la lámina:** Casi siempre a máxima capacidad
3. **La humedad relativa del aire inyectado:** Solamente los secaderos mas modernos cuentan con este sistema:
4. **la humedad de la lámina.** Un ejemplo es la lámina cocinada, o láminas de trozas muy humedad. La evaporación del agua exige muchas kilocalorías, por eso afecta tanto el contenido de humedad inicial.

5. **Velocidad de avance:** Es la única variable operativa posible de ser regulada rápidamente, y es la variable de control.

Muchos los investigadores han encontrado que existe una relación directa entre la temperatura y el tiempo de secado.

El segundo factor que es universalmente acordado que afecta al secado es la velocidad del aire sobre la superficie de la lámina. Cuando se seca las láminas al aire libre, la velocidad del aire es muy baja porque se debe a convección, pero cuando se las seca en cámaras están sujetas a velocidades muy altas. Estas altas velocidades, sumadas a las altas temperaturas aceleran significativamente el secado.

Alrededor de 1.960, los secaderos tenían la dirección del aire en dirección longitudinal al secadero, con valores de 180 m/min. En años posteriores, con la invención del "secadero de chorro", pasaron a inyectaban el aire en forma perpendicular a la superficie de la lámina a través de toberas u orificios, con unos valores de 600 a 3.000 m/min.

Estas altas velocidades aumentan en gran medida la transferencia de calor.

Física del Secado de la lámina

El Secado de láminas es menos dificultoso que el de la madera porque los espesores son mucho menores. La pérdida de estructura durante el debobinado o faqueado reduce la resistencia interna a la difusión del agua entre el aire y la misma madera.

La física del secado fue poco estudiada hasta los años 50, cuando varios científicos comenzaron a estudiar detenidamente este proceso, que origino el secadero "jet" o de chorro.

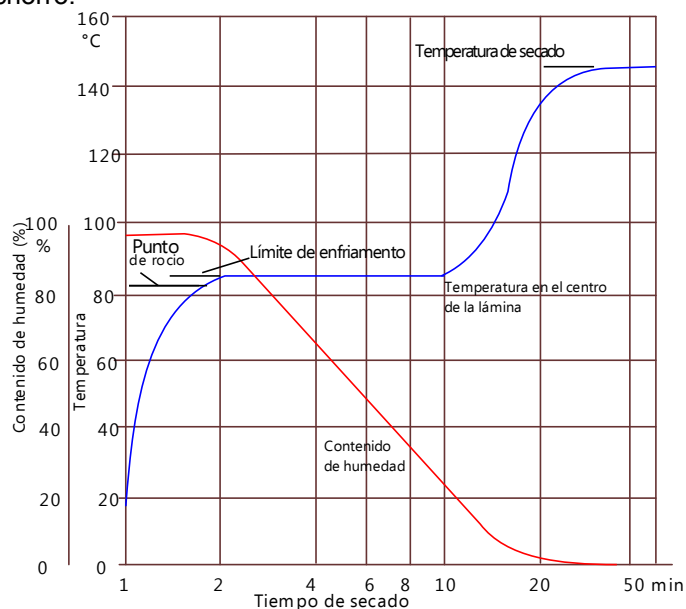


Fig. 33. Relación entre el tiempo de secado, el contenido de humedad v la temperatura en el centro de la lámina

Bajo la presunción de que el secado ocurría básicamente, se consideraba

1. **Fase A:** Un corto tiempo de calentamiento, por debajo del punto de rocío, donde el vapor del agua se condensa sobre la lámina. Esta fase termina cuando comienza la evaporación del agua de la lámina.

2. **Fase B:** Un periodo de tasa constante, durante el cual el agua libre o agua capilar es evaporada a una temperatura y tasa constante
3. **Fase C:** Secado final por debajo del punto de saturación de las fibras, es decir cuando se produce la evaporación del agua de la pared celular. La temperatura de la lámina aumenta rápidamente aprovechando la alta temperatura del medio. En esta etapa la tasa de secado disminuye vertiginosamente.

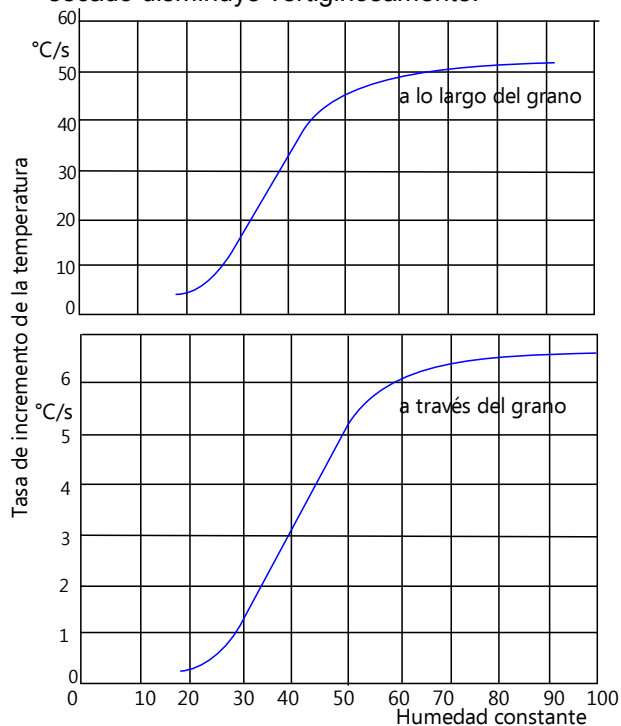


Fig. 34. Comparación de la tasa de calentamiento a lo largo y a través del grano

La experiencia muestra que las leyes de difusión, estudiadas en la madera sólida, no son válidas en las láminas delgadas. Por el contrario, la transferencia de calor a la lámina, especialmente en la superficie límite madera-aire, es de la máxima importancia. El movimiento del aire sobre la lámina debido a la viscosidad y el rozamiento, teóricamente se efectúa siguiendo un gradiente de velocidades ascendentes a medida que nos alejamos de la superficie (Fig. 33), siendo el calentamiento por convección, es decir, por calentamiento del aire y transporte del calor por el medio a la madera. Mientras que la velocidad del aire en contacto con la madera es prácticamente nula, la capa de aire que comienza a tener una velocidad apreciable se llama "frontera aerodinámica".

La transferencia de calor se da por la ecuación

$$\Delta Q = \frac{K}{e}$$

Siendo e , el espesor de la capa fronteriza aerodinámica.

Fleischer puso en manifiesto que la transferencia de calor disminuye parabólicamente cuando la humedad de la lámina disminuye. Como la evaporación del agua es proporcional a la transferencia de calor, la velocidad de secado disminuirá parabólicamente con la humedad de ésta. Representando las velocidades en escala logarítmica, la velocidad obtenida por Peck en el secado de madera balsa y comprobada por Keulwerth para otras maderas, viene dada por:

$$\frac{dH}{dt} = -c \cdot H^n$$

Donde:

dH/dt = velocidad de secado [g/g.min]

c = Coeficiente de secado

H = Contenido de humedad de la lámina

n = Coeficiente

Por otro lado, la resistencia al secado viene dada por

$$\frac{1}{\sqrt{C}} = R_i \cdot D + R_e \cdot D$$

$R_i \cdot D$ = Resistencia a la difusión de la capa límite entre la madera y el medio (resistencia a la emigración interna en la capa límite)

$R_e \cdot D$ = Resistencia interna de la madera a la difusión (resistencia a la emigración externa de la Capa límite)

Estos parámetros se relacionan de la siguiente manera

- $R_e \cdot D$ disminuye con el aumento de la velocidad del medio de secado
- Para una velocidad de secado muy pequeña, el valor de la resistencia de la emigración externa se hace muy próxima a cero
- Cuando mayor sea la velocidad del aire, mayor es la transferencia de calor. De aquí la importancia que tiene el uso de toberas en el secado de láminas.

Por otro lado, la lámina es muy heterogénea respecto a la densidad, orientación de las fibras, textura y calidad. Es por ello que la lámina tenderá a secarse más fácilmente en algunas áreas que en otras. Por eso es muy importante mantenerla plana y suave, y esto se consigue mejor en los secaderos de chorros.

Para disminuir el ondulado, se aconseja:

- Que las temperaturas sean lo suficientemente elevadas como para deformen plásticamente a la lámina, y por lo tanto las diferencias de contracción puedan absorberse en función de la humedad de la madera.
- En los secaderos continuos es aconsejable solaparse el final de una lámina con el principio de otra. Al duplicarse el espesor en los extremos se reduce la velocidad de secado de las puntas.
- En el secado de las láminas, cuando es discontinuo, deben humedecerse los bordes de las láminas.

Ejemplo concreto:

Estudiando la fig. 3.4, y considerando que el tiempo de secado está graficado en escala logarítmica, se puede concluir que para la haya roja, de 2 mm de espesor, 14 minutos de secado reducen el contenido de humedad desde un 97 a un 5%.

El tiempo se distribuye así: 1 minuto para el calentamiento, 8 minutos para la evaporación del agua capilar y 5 minutos para la fase final. Como ya se dijo, las leyes de la di-

fundación no son válidas para las láminas de pequeño espesor.

Una turbulencia en esa capa aumenta en gran medida la transferencia calórica, y así también su tasa disminuye parabólicamente con la disminución del contenido de humedad; por lo tanto la evaporación del agua disminuye en la misma forma. En un gráfico bilogarítmico, la relación entre tasa de secado y contenido de humedad es lineal (fig. 35). En las temperaturas sobre 100°C la tasa de secado (expresada como evaporación constante S de lámina de álamo, de 3,2 mm) gruesa o fina, puede ser calculada empíricamente con la siguiente ecuación (FLEISCHER citado por KOLLMANN, 1975):

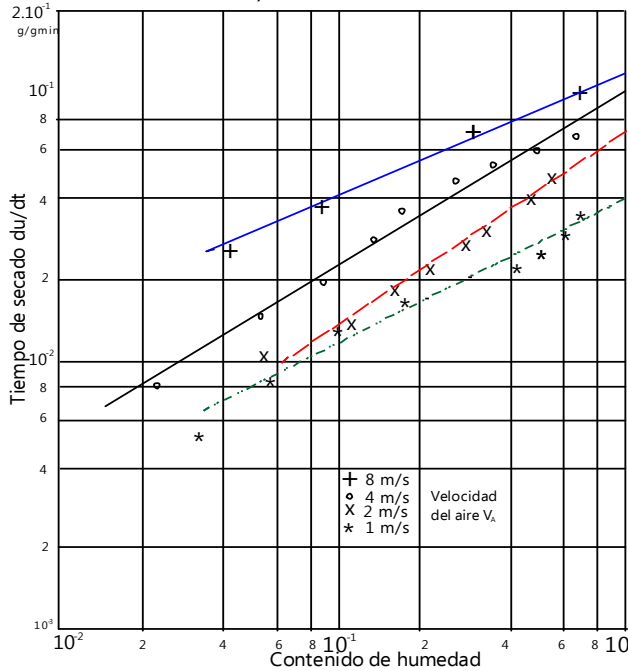


Fig. 35. Relación entre la tasa de secado y el contenido de humedad en lámina de abeto de 3,2 mm, a varias velocidades

$$S = 2,98 [\log g] + 0,78 [\log v_A] - 1,34 [\log s] - 11,34$$

Donde:

- S= Evaporación por pie cuadrado [g/min]
- g= Temperatura de secado [°F]
- v_A = Velocidad del aire [pie/min]
- s= espesor de la lámina [pulgadas]

Es evidente que incrementando el grosor de la lámina (1,2,3), la resistencia no se incrementa proporcionalmente, pero sigue aproximadamente la relación

$$(1 + R_{eD}) / (2 + R_{eD}) / (3 + R_{eD})$$

Esto se puede ver en la figura 37, en el cual se puede derivar lo siguiente.

1. La resistencia externa a la difusión R_{eD} decrece con el incremento de v del medio.
2. Para una tasa de secado infinitesimal la capa límite debe desaparecer, lo que significa que la resistencia a externa a la difusión R_{eD} se vuelve cero.
3. La más alta velocidad de secado del medio secante la mejor transmisión de calor. Los experimentos

muestran que la tasa de transmisión de calor es proporcional a $v_A^{0,8}$, donde v_A es la velocidad del medio secante (normalmente una mezcla de aire y vapor).

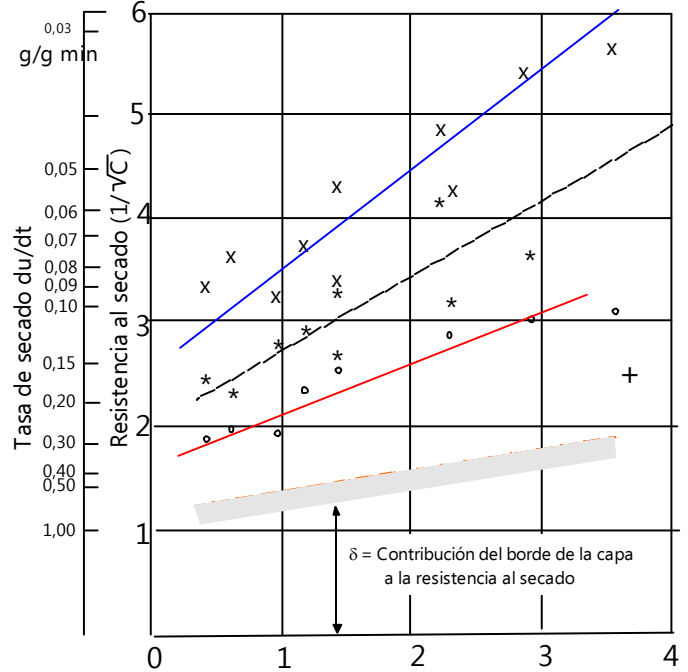


Fig. 37. Relación entre la tasa de secado, resistencia al secado y contenido de humedad de equilibrio en el secado de láminas

La tasa de transferencia de calor puede ser mejorada en gran medida por el uso de boquillas en los secaderos a chorro de aire.

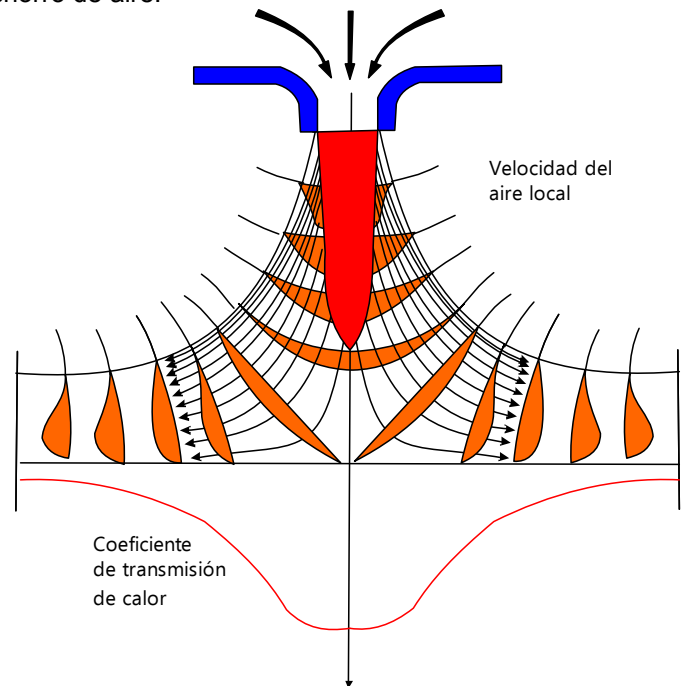


Fig. 38 Velocidad de aire local en un secadero a chorro y distribución del coeficiente de transmisión térmica

La figura 36 muestra la dependencia de la tasa de secado según la velocidad del aire, y por eso la transmisión de calor cambia cuando una corriente del medio secante fluye perpendicularmente a la lámina.

La distancia de apertura de las toberas desde la lámina a ser secada no debería ser muy grande; y la distancia lateral entre boquillas debería ser menor que 10 veces el diámetro de las boquillas

La figura 36 muestra la relación entre velocidad de secado y velocidad del aire después de pasar alrededor de las boquillas. Condiciones similares pueden ser consideradas para el secado de las láminas.

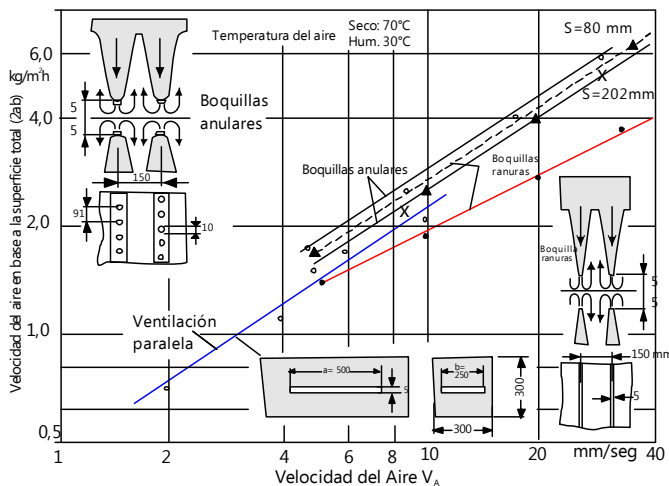


Fig. 36. Relación entre la tasa de secado de láminas y la velocidad de aire usando dos tipos de toberas

En cualquier secadero de lámina, la tasa de secado es inversamente proporcional a la humedad del aire. La resistencia de secado disminuye si la diferencia $\Delta\theta$ entre la lectura del bulbo seco (θ_d) y el húmedo (θ_w) se incrementa mucho. El tiempo para calentar la lámina es una función exponencial de la diferencia psicrométrica. Las experiencias industriales han demostrado que la tendencia de las láminas a ondularse aumenta a medida que disminuye

Tipos de secaderos.

Para el secado de láminas se emplean los siguientes tipos

1. Secaderos al aire libre ("amateurs")
2. Secaderos de toberas ("jet dryers")
 - Método de transporte "de rodillos"
 - Método de transporte "de malla"

1) Los secaderos al aire libre

Estos son del tipo aplicados cuando la empresa es muy chica, muy precaria o cuando tiene limitaciones de vapor. Las empresas extienden a secar al sol de mañana, y lo juntan de tarde. Con esto reducen el contenido de humedad de 100 % a cerca del 40%, dependiendo las condiciones ambientales, logrando un presecado. De todos modos, requiere un alto costo en mano de obra.

2) Secaderos de toberas / chorro de aire / Jet Dryers.

Este método nuevo "método" de secado ha sido es un revolucionario. Este tipo de secadero inicialmente se aplicó inicialmente al secado de textiles y otros materiales. Su principio de funcionamiento es mediante la inyección de chorros de aire a altas velocidades. El aire caliente es soplado a altas velocidades a través de boquillas o toberas ubicados arriba y debajo de la lámina en circulación. El aire golpea cada lado chocando en ángulo recto a una velocidad de 15 – 20 m/s. Esta alta velocidad del aire facilita la transmisión de calor.

Es totalmente diferente al secadero convencional, donde el aire es soplado en sentido paralelo a la superficie

Mediante este método, cada centímetro cuadrado recibe un mismo volumen de aire, a una misma temperatura, velocidad e intensidad en forma simultánea.

Los caños son de acero, y tienen una conicidad, de manera de que el caudal de aire sea igual en todo su recorrido. En forma continua, la sección del tubo está compensada con la suma de las secciones de las toberas.

Funcionamiento

El circuito del aire se podría describir de la siguiente forma:

1. El aire proveniente de los ventiladores pasa por radiadores de vapor, aceite o agua que están localizados en la parte superior del secadero.
2. Los ventiladores hacen elevar la presión de un lado del secadero. Por dicho motivo lado del secadero es conocido como "cámara de presión" y es donde están las aberturas más grandes de los tubos.
3. Al tener alta presión, el flujo de aire es obligado a ingresar por los tubos por efecto de la cámara de presión. Esto asegura que al flujo de aire ingresado a cada tubo sea el mismo, y así se logra que tanto los superiores como los inferiores reciban lo mismo.

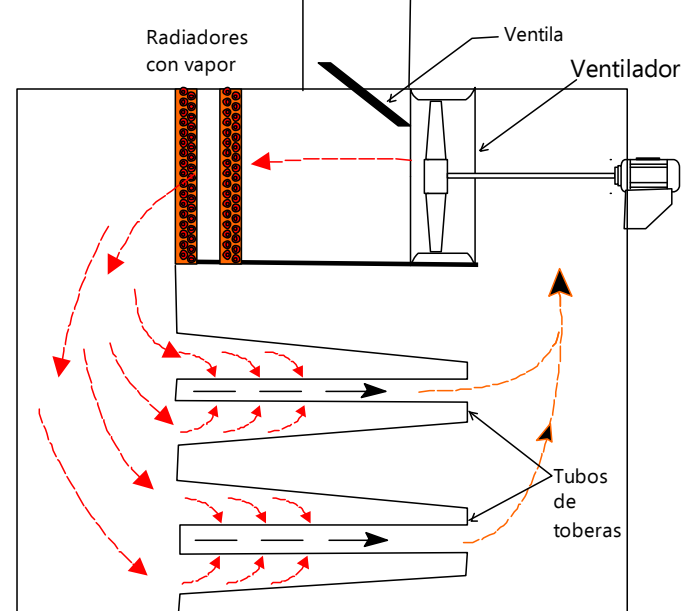


Fig. 43 Corte transversal de un secadero jet o chorro

4. Una vez que al aire ingreso a los tubos, la única salida posible son las toberas o chorros. La conicidad del tubo está diseñada para asegurar que el flujo de aire de las toberas del final sea equivalente al de inicio del tubo, en términos de velocidad, aceleración, dirección y volumen del flujo de aire saliente.

El secreto de un buen secadero es justamente este cálculo, ya que si el flujo no fuera igual en todas las toberas, no se logrará un secado uniforme, y se producirán severas pérdidas de calidad.

Las ventajas de este tipo de secadero son:

- Alta tasa de secado, con un tiempo de solo el 25 al 59 % del necesario los secaderos antecesores.
- Alimentación simple. Operación sencilla y con un mínimo de mantenimiento.
- Permite el trabajo de láminas con cualquier espesor, desde 0,3 a 1,3 mm; y también con piezas de hasta 4,75 m de largo.

- Posee un menor consumo de energía debido a su diseño compacto, y de varios pisos en un solo equipo.
- Produce un secado muy uniforme.
- Mantiene el brillo, planitud y condición elástica de la lámina y no produce descolorimiento.
- Ahorra de un 3,5 a un 6 % del material. En algunos casos, lámina es cortada a su tamaño final recién después del secado, lo que reduce la incidencia de rajaduras. Las chapas llegan a la guillotina o se guillotina después del secado.

En este tipo de secaderos de chorros hay dos subtipos:

- Toberas circulares:
- Rendijas:

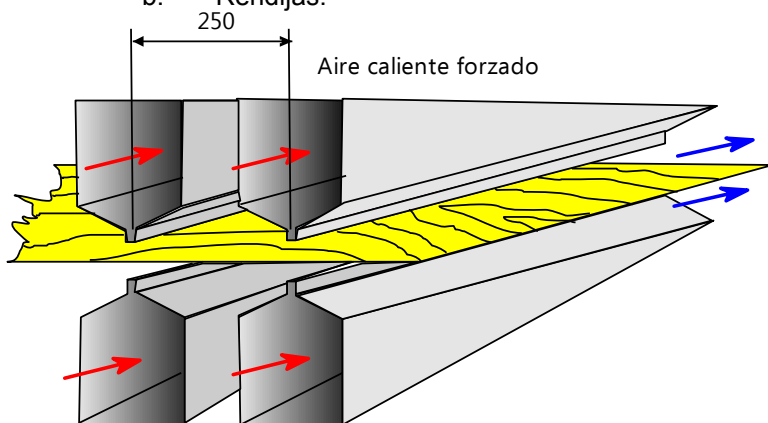


Fig. 44: Se puede apreciar un secadero de chorro a rendijas.



Fig. 45: Este es la placa del secadero a chorro a toberas circulares (Coe manufacturing, 2008)

Cada ventilador con su propio motor, ventiladores, secciones de limpieza para extraer los residuos (nudos, fibras sueltas, etc.) después del secado.

La velocidad del aire en las toberas tiene un rango de 15 a 60 m/s, la temperatura entre 140 y 290°C para especies nórdicas, aunque en la zona las temperatura para pino suelen rondar los 140°C.

Para el secado son deseables las más altas temperaturas, pero tampoco puede ser muy alta debido al peligro de autoignición. El agua libre (>30 %) puede ser secada a temperaturas de 200°C, porque en este caso la temperatura de la chapa se mantiene cercana a los 100°C.

El tiempo de secado es bajo, como lo demuestra la figura 47

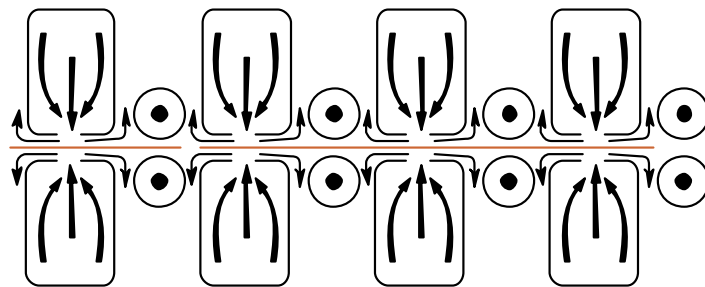


Fig. 46. Esquema de funcionamiento del secadero a chorro (jet dryer) con secuencias pares de ductos de aire y rodillos

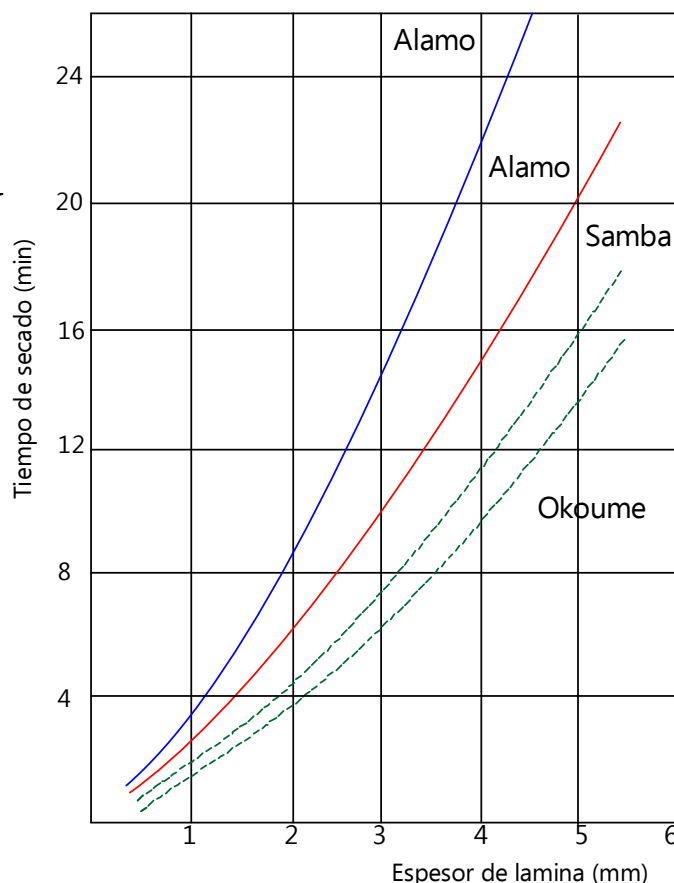


Fig. 47. Relación entre el tiempo de secado y espesor de láminas para varias especies en secaderos a toberas o a chorro

Secadero de laminas a chorro modular (Raute)

Los secaderos modernos de chorro tienen buen sellado y están aislante térmicamente. Esto permite obtener buenas condiciones para controlar el ambiente del secadero (mayor precisión de control), además de lograr un buen uso de la energía, y no calentar el ambiente de la planta. Las superficies tienen deflectores que permiten una circulación del aire suave, sin turbulencias. Esto disminuye la demanda de potencial de los ventiladores y facilita la velocidad en las toberas, para mejorar la transmisión de calor a la lámina. Los deflectores generan presión y velocidad de aire uniforme en todos los pisos del secadero. La alta velocidad rompe la capa superficial de aire de la lámina, lo que incrementa ampliamente la transferencia de calor.

Los ventiladores, al ser radiales, son de fácil acceso para mantenimiento, y están diseñados especialmente para trabajar eficientemente, fuera del ambiente de alta temperatura (rodamientos, bobinados) lo que facilita su mantenimiento y prolonga su vida útil.

El aire caliente ya pasado a través de la lámina, se recupera a la salida del secadero con un economizador, lo que también contribuye al control de las emisiones y aumenta el rendimiento del secadero.

Cada modulo tiene su par de puertas, lo que facilita la limpieza del mismo.

Al tener un buen aislamiento, también se evita que entre el aire al secadero, lo que disminuye los riesgos de incendios. Los secaderos modernos poseen un sistema centralizado de extinción de incendios. Los motores también pueden ser lubricados en forma automática y cada piso tiene su control independiente con sensores neumáticos de las cadenas de transmisión. Esto asegura una rotación perfecta de todos los rodillos y el transporte desde la entrada de la lámina a lo largo de todo el secadero.

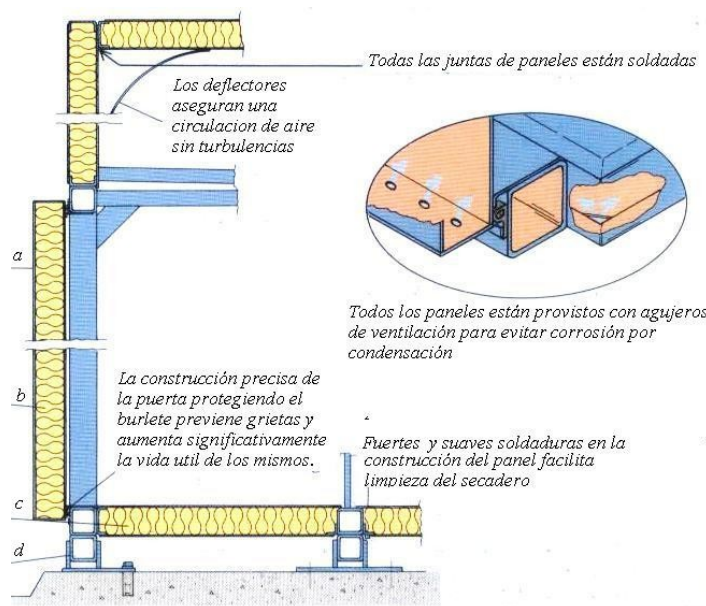
Los asientos de los ejes de rodillos (en las secciones calientes) tienen bujes de grafito resistentes al calor, encastados en los alojamientos o cajas de fundición. Estas cajas de rodamientos pueden ser rotadas, permitiendo que las cuatro caras de los rodamientos aprovechadas. Esto prolonga su vida útil y acelera el mantenimiento.

En la sección de enfriamiento, los rulemanes son exclusivamente de alta resistencia (tipo C3).

- a - Tanto las superficies interiores como exteriores cuentan con un tratamiento anticorrosivo muy resistente.
- b - Todos los paneles están termostáticamente aislados con lana mineral.
- c- El secadero tiene su propio piso aislado, manteniendo la todo el secadero aislado térmicamente.
- d- El secadero es instalado en cajas montadas en el concreto, lo que elimina la necesidad de fundaciones.

Construcción modular

El sistema de construcción modular minimiza el tiempo de construcción, eliminando la necesidad de bases e instalaciones. Los módulos son precisos y construidos en forma normalizada, lo que da un ajuste perfecto. La celda o modulo a su vez está construido por submódulos, la parte inferior provisto con pares de rodillos, tubos de toberas, puertas y las áreas superiores con ventiladores, radiadores, etc. la tubería de vapor es pre ensamblada en secciones y ajustada durante el montaje.



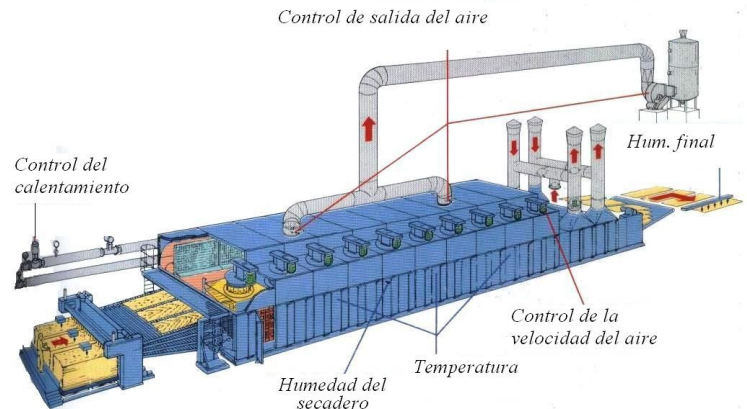
Sistemas de control:

El sistema de control regula la temperatura y humedad del aire interno, así como el contenido de humedad final de la lámina, en otras palabras controla todo lo que afecta la calidad y eficiencia del secado.

La regulación de la temperatura se hace en base a las mediciones llevadas a cabo en distintas partes del secadero. Una buena medición del aire interior asegura un nivel parejo de humedad del secadero, y un uso eficiente de la energía. La humedad final de la lámina es regulada por medio de eficientes sopladores y la velocidad de avance es ajustada por medio de análisis estadístico de los datos. En base a la humedad inicial y la final de la lámina se regulan estas variables en forma óptima (Fig. 48)

Las condiciones óptimas del secado se graban en programas del secado e historias de un secado en particular, para cada espesor y especie.

Fig. 48: El secadero Raute es controlado en sus diferentes secciones. Controla en calentamiento, la humedad del secadero, su temperatura, la velocidad del aire y la humedad final, para con ello llevar a cabo el programa de secado seleccionado para la lámina.



El secadero da sus propios reportes. Por ejemplo, temperatura interior, humedad del aire interior, humedad de la lámina, producción total de láminas, y tiempos de producción (tiempos muertos, paradas, etc). También se registran las producciones, por lo que se pueden comparar turnos, ver si ha mejorado la eficiencia, etc. (Fig. 48)

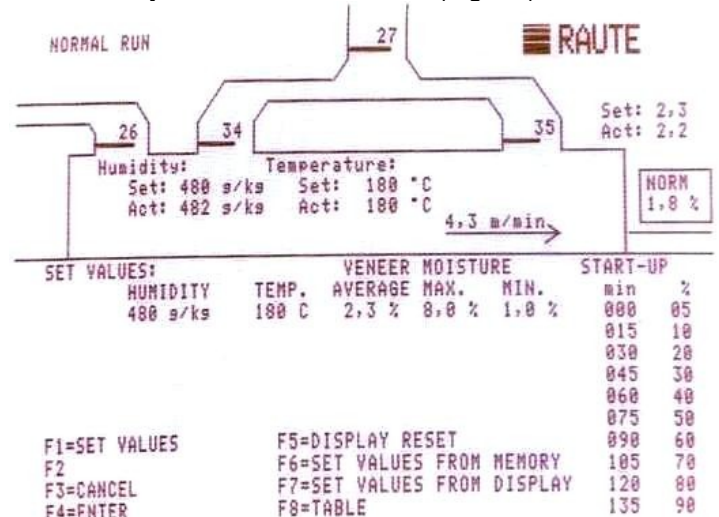


Fig. 48: Reporte que brinda el PCL del secadero Raute.

Cargadores y descargadores de Secaderos:

Los alimentadores del secadero deben trabajar en armonía con éste. Los espacios entre láminas deben ser reducidos al mínimo, ya que allí se gasta energía. Los alimentadores deben ser capaces de captar todos los espesores de láminas, y deberían estar sincronizados a la velocidad de secado. Para obtener una capacidad máxima de secado, es necesario tenerlo lleno, y eso se logra adoptando un mecanismo que permita cargar en ciclos exactos (posicionador de carga hidráulicos)

Cuando el espacio es limitado se usa un elevador con un posicionador de carga. El nivel es regulado por el operario, y las grúas depositan las láminas verdes sobre la cadena transportadora. Cuando el elevador está en su posición mínima, las pérdidas de tiempo se reducen mucho.

Para alimentar con láminas de gran espesor y de madera dura, han sido diseñados dos arreglos: un transportador para llevar las láminas en ángulos rectos hacia el segundo componente dentro del secadero, un grupo de agujeros, toma la lámina y la entrega a la sección de alimentación del secadero.

Todos los descargadores modernos de los secaderos están automatizados electrónicamente y digitalmente y las hojas a través de los rodillos perforados a una velocidad determinada para cada piso. Al mismo instante que la chapa pasa por el sensor, se activan los embragues magnéticos que traccionan los rodillos de un determinado piso y así las hojas pasan a la cita de descarga. Los siguientes factores aseguran una buena operación.

- Que no se necesiten posicionadores extras.
- Que no haya superposición de láminas.
- Que las láminas sean entregadas en forma uniforme.
- Que los daños por el manipuleo sean mínimos.
- Que se realicen lecturas correctas del contenido de humedad.
- Óptima graduación de la salida de las chapas.

Secadero ET® de Colombo&Cremona

El secadero de láminas debobinadas ET® (Essicatoio a Tapparelle), desde su invención a inicio de los años '90, vino a mejorar respecto al tradicionalo sustituir el secadero de chorro a rodillos, debido a sus múltiples ventajas.

El secador a rodillos, que es el que se prefiere desde hace décadas, tiene los siguientes problemas:

Alto mantenimiento.

Atascamiento de láminas. Es grave porque se interrumpe la producción y acarrea una gran pérdida de energía térmica de la lámina. Con trabadas frecuentes, se debilita la estructura del secadero (debido a los frecuentes desmontajes de los tubos de toberas), que es necesario hacerlo para retirar las láminas atascadas. Esto hace que el problema se vuelva cada vez más frecuente.

Límite del espesor de las láminas (generalmente no inferior a 1,4 mm) debido a la contracción que están sujetas durante el secado. Láminas más finas sufren con la retracción natural cuando pierden agua durante el secado mientras están presionadas.

Debido a estos problemas ANGELO CREMONA desarrolló una alternativa con los siguientes objetivos:

- Equipamiento para secar láminas a bajo costos de mantenimiento.
- Presentar al mercado un secadero que garantice un 100% libre de atascamiento de láminas.
- Poder secar espesores menores, aprovechando mejor así la materia prima, pudiendo reducir el espesor de las láminas de cara y contracara, ganando metros cuadrados de lámina de alta calidad para el revestimiento.
- Permitir el secado de láminas de especies difícil o complicada de secado, como eucalipto y seringeira.
- Permitir el control del ambiente de secado en forma individual en cada sector interno del secadero
- Alta productividad.

Funcionamiento del secadero ET®

El funcionamiento es tipo continuo, siguiendo las reglas del secado de la madera, o sea chorro de aire caliente, pero con control del ambiente. La principal novedad en este secadero es el sistema de transporte.

En lugar de usar rodillos para presionar la lámina, haciendo que estas avances a medida que los rodillos giran, este secadero tecnología utiliza un sistema de transporte a través de barras que corren a lo largo de rieles/guías laterales "cargando" la lámina a lo largo del secadero.

Un grupo inferior y superior (avanzando a la misma velocidad) garantizan que la lámina sea transportada con seguridad. Como es el transportador el que se mueve, y no la lámina, no existe posibilidad de que se atasquen. Este se regula durante el montaje del secadero, y mantendrá la altura prefijada (distancia entre barras, generalmente de 8 mm) durante todo su funcionamiento e impide que la lámina sea presionada, permitiendo que "trabaje" cuando sea necesario.

Este simple hecho permite que se puedan secar láminas muy finas sin afectar su calidad (se puede reducir de 1,4 mm a 1,0 mm incorporando un alimentador por vacío).

Además de evitar fisuras, este sistema evita que las fendas de laminación, y las fisuras producidas durante el manipuleo y apilado se expandan (*lo que implica la pérdida de láminas enteras*).

Esta tecnología trae la posibilidad de construir secaderos de 6,2 m de ancho útil de trabajo, permitiendo la carga de 2 láminas de 4'x 8' transversalmente, o 4 hojas longitudinalmente. Esto conlleva a una mejor utilización del área de secado, proporcionando una mejor relación costo/beneficio en el proceso.

El cuadro facilita la rápida comparación de las dos tecnologías

	Secador de rodillos	Secador ET®
Transporte de lámina	Rodillos que presionan la lámina durante el avance	Barras (superior e inferior) que aseguran un transporte libre de stress/presión.
Posibilidad de atascamiento	Total	Ninguna
Espesores de láminas que puede trabajar	De 1,3 mm a 6 mm	Ilimitado. Espesores menores dependerán del sistema de carga adecuado (automático). Posibilidad de ajustar altura de las barras y permite el secado de láminas > de 6 mm
Rajaduras y quiebre de	Constante y frecuente. Las pérdidas de lámi-	Mínima. Experiencias muestran que raramente llegan a

material	nas, dependiendo de la especie de madera puede superar el 20% (ejemplo: Eucaliptos, Seringueira).	1% del total producido, mismo en las especies difíciles.
Mantenimiento	Constante y caro. A medida que se congestionan, el secadero sufre constantes desmontajes/remontaje de los tubos y rolos en el área ocurrida, empeorando la situación cada vez más	Básica. A través da auto-lubricación de las guías de transporte el mantenimiento se restringe a una atención general del buen funcionamiento del equipo. Las barras de transporte, de acero especial cromado, no necesitan mantenimiento
Ancho. máx. de trabajo	5800 mm	6200 mm (4 láminas 4'x 8' por piso)
Productividad	De acuerdo con el largo del secadero. Versiones de 3-4 pisos de trabajo.	De acuerdo con el largo del secadero. Versiones de 3-4 pisos de trabajo.

Control de Humedad

A la salida del secadero se debe realizar el control de calidad del secado. Para ellos se puede hacer en forma manual o totalmente automatizada.

Defectos de Secado

- Rajaduras (por debajo de 35% de CH)
- Encorvaduras (por debajo de 35% de CH)
- Endurecimiento superficial (casi nulo)
- Colapso
- Extremos ondulados

La difusión longitudinal es mayor que la transversal por esto los extremos se secan más rápidamente y comienza a contraerse antes que transversalmente.

Origen de las rajaduras:

- Secado
- Por manipulación de lámina
- Por manipulación del troza
- Secado excesivo en los extremos de la lámina
- Calidad de la lámina verde
- Calidad del troza
- Cuidados en el almacenamiento
- Tratamiento térmico
- Condiciones mecánicas
- Madera de tensión o compresión
- Contracción distinta en el espesor
- Variación del CH% dentro de la lamina

Chequeo:

- Manchas (oxidaciones, hongos, contacto de la madera con el acero)
- Uniformidad del espesor
- Rugosidad superficial
- Rajaduras u otras distorsiones

Defectos, causas y formas de evitarlo

Manchas

- Oxidaciones: calentar la troza, hacer correr la chapa a través de agua hirviendo
- Hongos: rápido procesamiento, almacenamiento bajo agua o riego.

- Contacto de la madera con el acero: mantener los elementos de corte bien limpios, calentarlos; revertirlos, usar acero inoxidable.

Especie, CH% inicial	Espesor	Temperatura (tiempos)		
		150°C	165°C	185°C
Alamo, 120%	2 mm	15,5 m	8 m	3 m
	3 mm	25,5 m	13 m	6 m
	4 mm	38 m	20 m	9 m
Encina, 100%	2 mm	11 m	5,5 m	3 m
	3 mm	20 m	10 m	5 m

En las industrias locales, los valores de los secaderos son:

Ejemplo: Eucalipto de 3,2mm de espesor, que ingresa con un CH de 45-50 %. Se seca a 140-150°C durante 30-35 minutos y sale a 4-7%.

j- Organización de diferentes líneas de producción

Clasificación de láminas secas

Aquí se realiza la primera clasificación de láminas. Las que van enteras, sin defectos, nudos, rajaduras, etc. van para las caras de los paneles, y las demás se destinan para contracara, o rellenos.

Parte de las láminas se debe recuperar.

Métodos especiales:

Experimentalmente se ha realizado inventos tendientes a mejorar la calidad o aumentar la tasa del secado. Entre estos métodos están.

- Secado al vacío.
- Secado por Radiación Infrarroja
- Secado por alta frecuencia.
- Secado por rayos gamma.
-

g- Bibliografía:

1. Abozaglo Umaña, Oliveira Brito, 2002. Cozimento da madeira altera qualidade das lâminas. UFRRJ/IF/DPF-SENAI
2. Baldwin, R., 1.981. "Plywood Manufacturing Practices". Miller Freeman Publications, Inc. Chicago.
3. Baldwin, R.; 1995. "Plywood and veneer-based products: Manufacturing practices". Miller Freeman books
4. COE Manufacturing, 2008. "Veneer Dryer "Jet Tubes".
5. Forest Products Laboratory. 1999. Wood handbook—Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. Madison, WI: U.S. Forest Service, Forest Products Laboratory. 463 p.
6. García, E., L., Guindeo Casasús, A., Peraza-Oramas, C, Palacios de Palacios, P. ; 2002; "La madera y su tecnología". Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
7. Garay M., R. M. y González, M., J.; 1993. "La industria de tableros contrachapados". Depto. De Tecnología de la Madera-Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales- Universidad de Chile.
8. Jankosky, I, 1979 "Manufatura de painéis compensados de Eucalyptus spp. Resultados preliminares" Circular Técnica N° 82 -IPEF –Sao Paulo.
9. Kollmann, F.; 1959. "Tecnología de la madera y sus aplicaciones". Tomo I- Madrid. (Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe). Traducido por I.N.F.I.E (Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias y el Servicio de la Madera
10. Kollmann, F.; Kuenzi, E. y Stamm, A., 1.975. "Principles of Wood Science and Technology—II Wood based materials". Springer-Verlag Editors.
11. Latorraca, J.V.F; 1994. "Aquecimento de madeiras"- Curso de Postgrado UFPR- Curitiba-Parana.
12. Lutz, J., 1.974. "Techniques for peeling, slicing and drying veneer". Forest Product Laboratory- Forest Service- U.S. Department of Agriculture.
13. McAllister, 1992. Effect of log wet storage time on the stiffness of southern pine plywood (a case study).
14. Morandi, 1995 "Maderas compensadas" apunte cedido por prof. Titular Ing. Pedro Irschik- FCF.
15. Raute Word, 1999. "Tecnología para el manipuleo de trozas de pequeño diámetro". Folleto.
16. Raute Word, 1997. "Parqueo automatico de la chapa-Una mejora revolucionaria para en rendimiento de la producción de chapas". Raute Word Noticias – Primavera de 2001.
17. Forest Products Laboratory, 1964. Manufacture and general characteristics of flat plywood. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest. Products Laboratory
18. Suschland, O. y Jankosky, I, 1978 "A produção de lâminas de madeira por desenrolamento" Circular Técnica N° 33 -IPEF–Sao Paulo.
19. Walker, et. Al. 1993. "Primary wood processing" Chapman & hall.
20. Walker, J.; Butterfield, B., Harris, J.; Lagrish, T. y Uprichard, J.;1993. "Primary wood processing" Chapman & hall.
21. Tschernitz, John L.,1985. Empirical Equations for Estimating Drying Times of Thick Rotary-Cut Veneer in Press and Jet Dryers FPL 453. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest. Products Laboratory.
22. Spelter, H and Ince, P., 1999. Veneer producers can cope with cost-price squeeze. WOOD TECHNOLOGY OCTOBER 1999.
23. Forest Products Laboratory. 1999. Wood handbook—Wood as an engineering material. Gen. Tech. Rep. FPL–GTR–113. 463 p. Chapter 10 - Wood-Based Composites and Panel Products.
24. Nutsch, 2000. " Tecnología de la Madera y el mueble" Edit. Reverté – España.
25. COE manufacturing, 2009. Solutions to Improving Press Performance. Folleto
26. Piccoli, Yamila; Beccaluva, Daniel; Marek, Marcelo y Korth, Silvia; 2014. "Efecto de la cocción de trozas y de la aplicación de distintos gramajes de adhesivo en la calidad de uniones y resistencia al corte de tableros compensados producidos con Pinus taeda L". 16ªs Jornadas Técnicas Forestales y Ambientales. Eldorado. Misiones. ISSN.1668-5385.(DVD)
27. Steinhagen, P. 2005 VENEER BLOCK CONDITIONING MANUAL FOR VENEER AND PLYWOOD PRODUCTION. Maderas, Ciencia y Tecnología, ISSN 0717-221x Año 7- N° 01-. P49-56

Agradecimientos:

- Al Representante de la equipamientos RAUTE en Argentina, Sr. Oscar E. Bruschtein, que nos ha cedido varias copias de folletos ya hace algunos años. Que se encuentran en la biblioteca.
- A las personas que revisarán amablemente esta publicación y que están relacionados al proceso de fabricación del mismo (futuras ediciones)

Internet:

- <http://www.usnr.com/Pages/prod.aspx?ProductId=VeneerLathe>
- <http://woodlot.novascotia.ca/content/lesson-four-converting-roundwood-primary-products>

Anexo: Programa simulador de secado provistopor RAute

Veneer dryer simulation system

DRYER TYPE

VTS 9+2*4 4800

DIMENSIONS

Length 22.00 m
 Height 4.20 m
 Width (tot.) 6.73 m
 Width (working) 4.80 m
 Number of sections 11
 Number of layers 4

ENERGY

Power demand (fans) 135.0 kW
 Heat demand 2.91 MJ/s
 Heat demand (spec.) 3.07 MJ/kgw
 Heat demand (spec.) 1544.7 MJ/m³dv
 Heat losses 44.6 kJ/s
 Steam cond. temperature 194.0 °C

CAPACITY

Filling ratio 85%
 Evaporation rate 1 3420.1 kgw/h
 Evaporation rate 2 4.76 kgw/m²/h
 Veneer capacity 6.79 m³ dv/h
 Drying time 3.4 min

VENEER

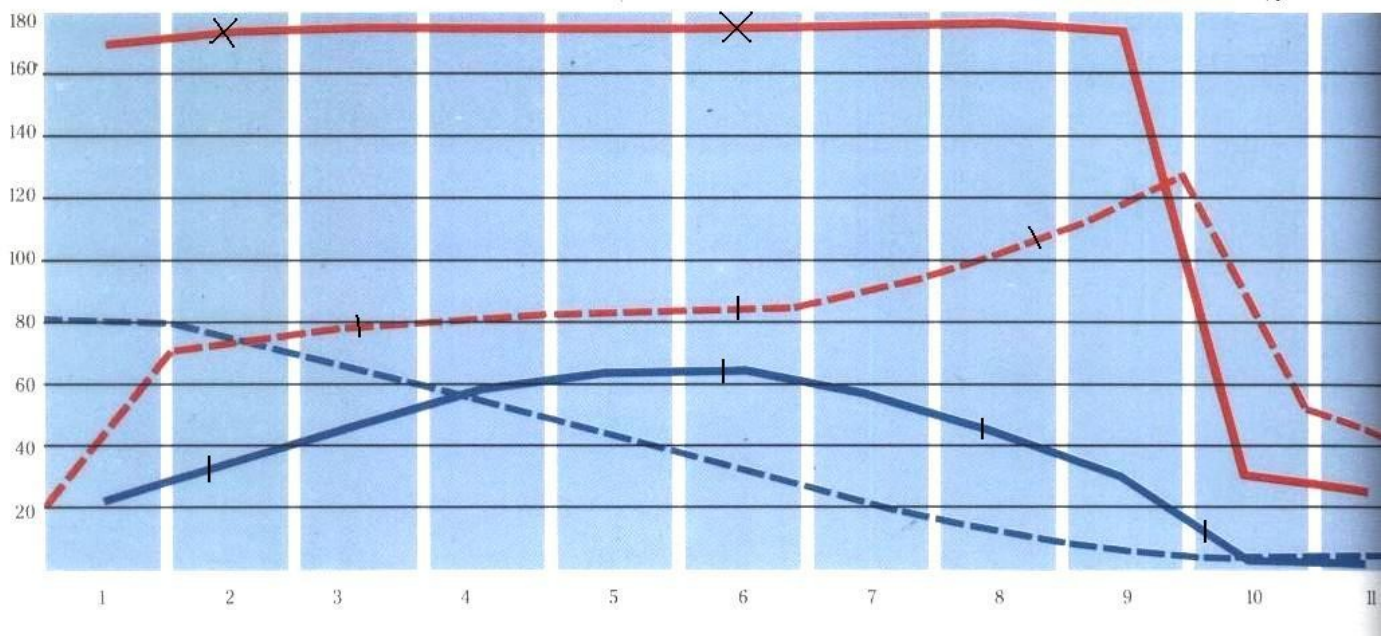
Type Hardwood
 Shrinkage 14.0 %
 Thickness 1.53 mm
 Specific weight 570.0 kgw/m³ dv
 Initial temperature 20.0 °C
 Initial moisture content 0.800 kgw/kgdv
 Final temperature 38.2 °C
 Final moisture content 0.040 kgw/kgdv

AIRSYSTEM

Temperature of compens. air 22.0 °C
 Moisture content of compens. air 0.015 kgw/kgdv

Veneer temperature, moisture content, air temperature and humidity in nozzles as a function of section-number

Air temperature × Degree °C
 Veneer temperature + Degree °C
 Air humidity | 10 x(gw/kgda)
 Veneer moisture content - %



Instalación de un secadero a rodillos modular

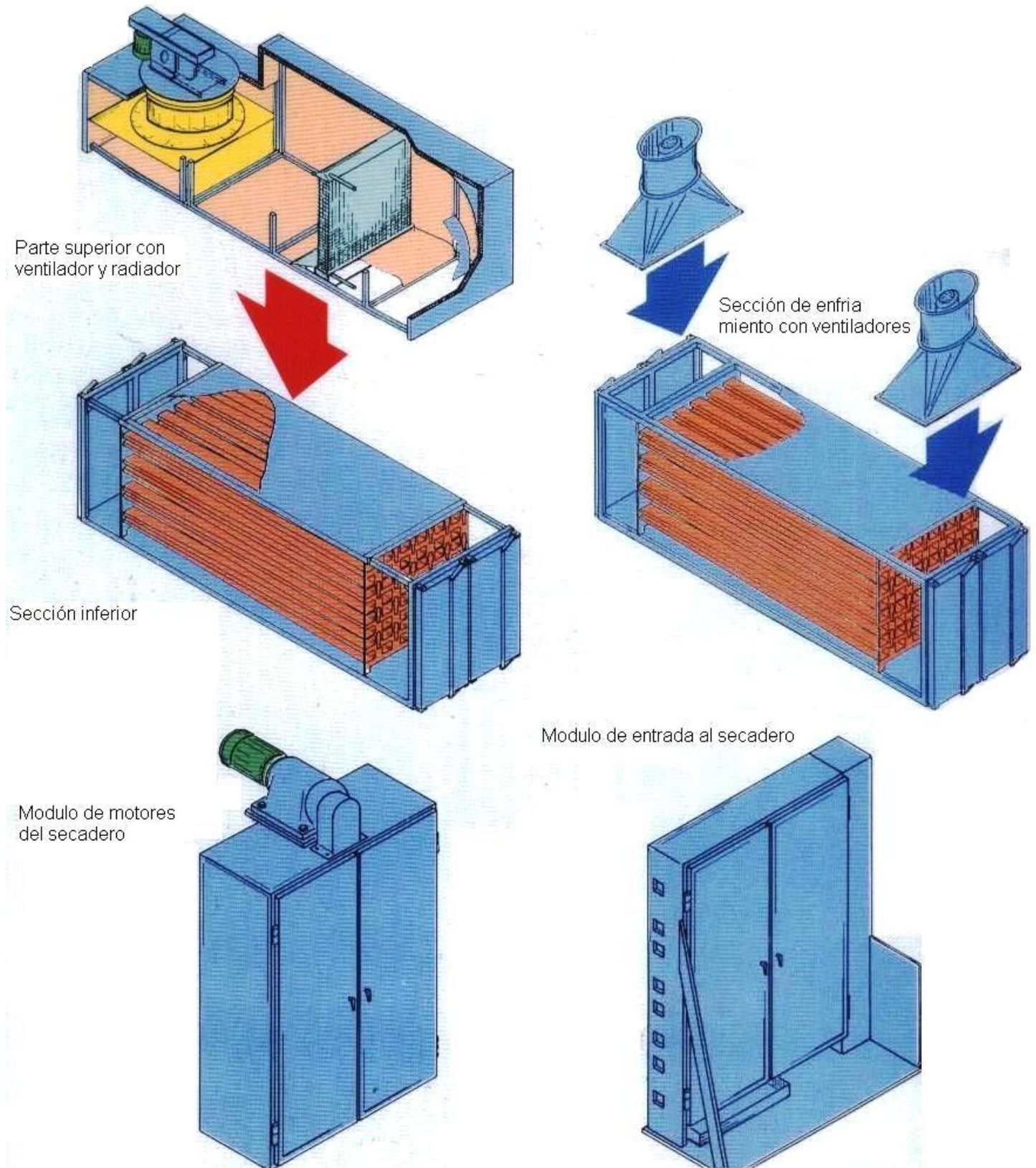
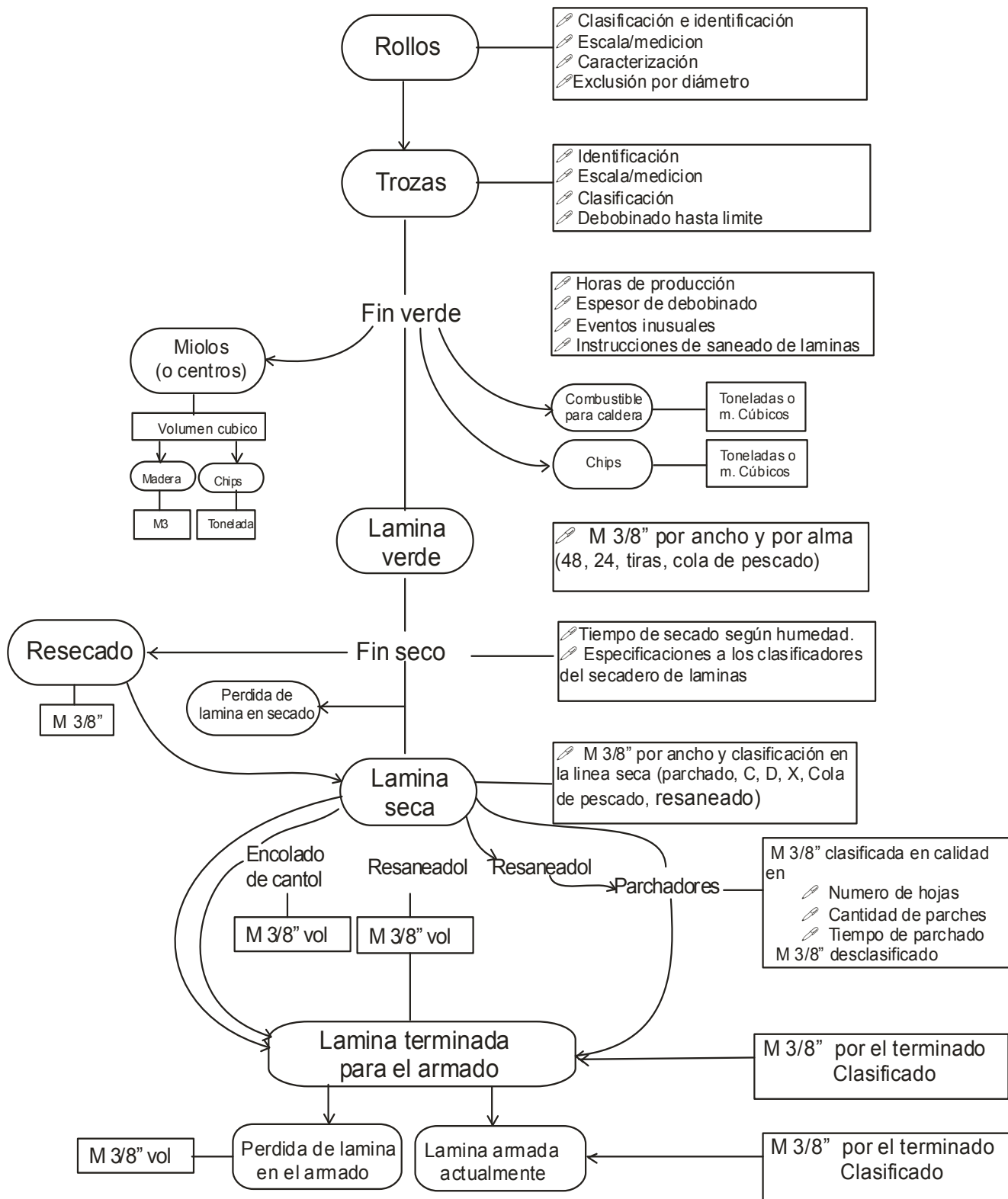


Diagrama de flujo del rollo testigo

Fuente: Plywood and Veneer-based products, Baldwin, 1995



Desarrollos recientes en laminado y control de calidad

Recent Developments In Veneer Peeling Confront Quality Variables

Forest Products Laboratory of the USDA Forest Service examines peeling technology, focusing on block conditioning, knife angle, pitch and bevel, nosebar pressure, troubleshooting and quality control

By Henry Spelter

Causes	Perdida de áminas*	Lámina áspera	Lamina peluda	Grano dañado en la cara cerrada	Abultamiento en el torete	Lámina fina y gruesa a través del grano	Variación del espesor de la lámina**	Variación del espesor de la lámina #	Superficie corrugada en la lámina	Zafameinto de trozas
	Loose veneer*	Rough veneer	Fuzzy Veneer	torn grain on tight	Bulging knot on core	Thick and thin veneer across grain	Veneer thickness variation**	Veneer thickness variation#	Corrugated veneer surface	Spinout
Trozas muy secas										
Trozas muy frias										
Trozas muy calientes										
Extremos de las trozas muy calientes/centros muy frios										
Cuchilla sin filo										
Ángulo de cuchilla muy chico										
Ángulo de cuchilla muy grande										
Filo de la cuchilla se-teado muy bajo										
Angulo afilado de cuchilla muy grande										
Presión de la barra de presión muy baja										
Presión de la barra de presión muy alta										
Barra de presión (fija) demasiado afilada o aguda										
Imprecisión en el torno										
Dirección de la fibra sesgada/desviada										
Troza se dobla en el torno (pandeo)										
Expansión por calor de la cuchilla										
Cuchilla o barra de presión desalineada										

* Fendas de laminación profundas

** A través del grano (a lo largo de los lados de la sábana de lámina que salió del torno.) along sides of veneer ribbon coming off the lathe).