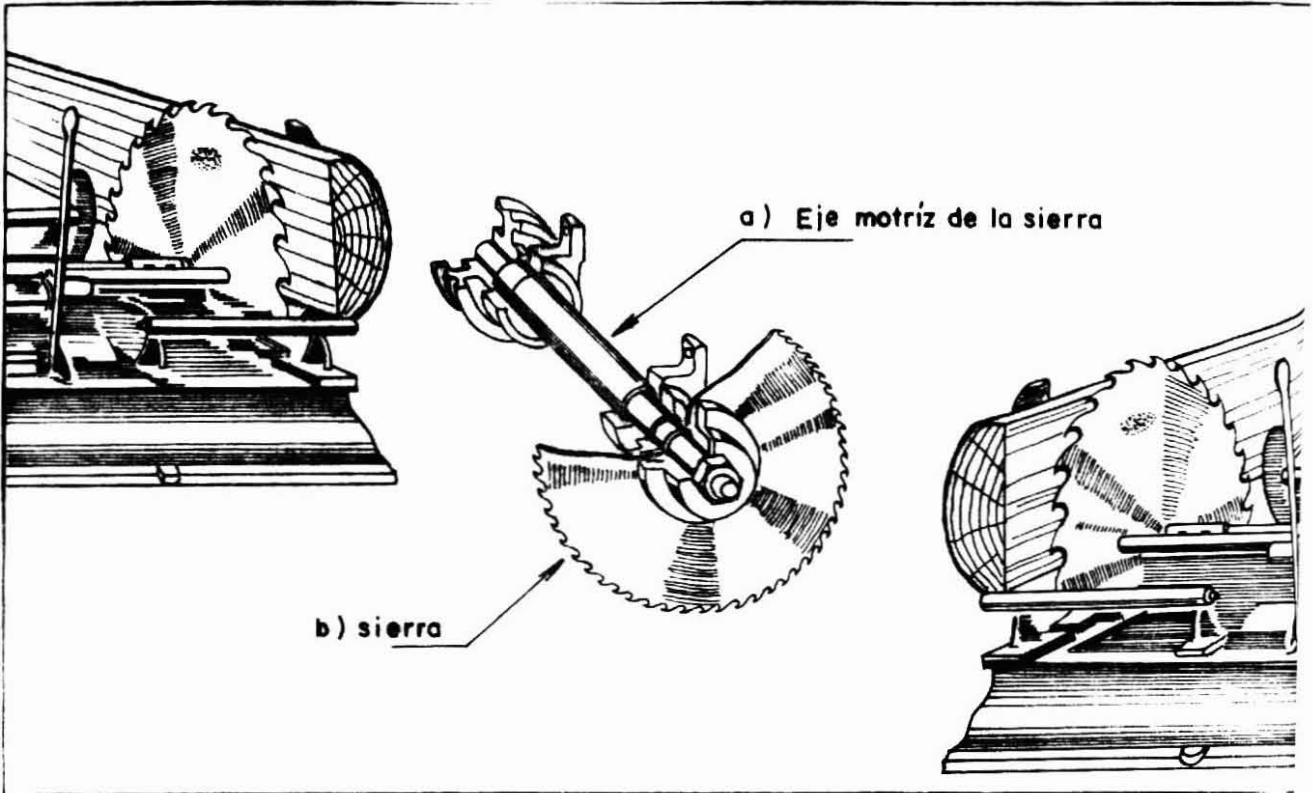
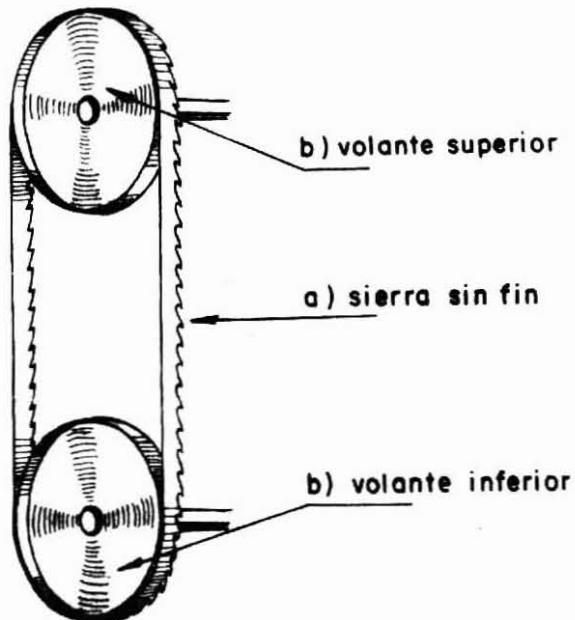


FIGURA 14
ORGANO DE CORTE DE SIERRA CIRCULAR



En el aserrado de las trozas con máquina de huincha, el órgano de corte es la sierra sin fin (Figura 15a) y los volantes (Figura 15b), que equilibran y mueven la cinta.

FIGURA 15
ORGANO DE CORTE DE SIERRA HUINCHA



En el astillado, los órganos de corte pueden ser: un disco rotatorio o un cilindro, sobre los cuales van montados los cuchillos. (Ver Figura 34 y 35 de Capítulo VII)

6.2.3.2. Organos de avance

La función de los órganos de avance es transportar la madera desde una posición a otra para realizar el proceso de corte. Los órganos de avance deben mover a la madera a una distancia y velocidad determinada, de acuerdo al régimen de corte que se desee.

En las máquinas de aserraderos, el avance lo realiza siempre la madera. En máquinas de plantas de elaboración el avance lo puede realizar la madera o bien lo realiza el órgano de corte.

a) Tipos de órganos de avance

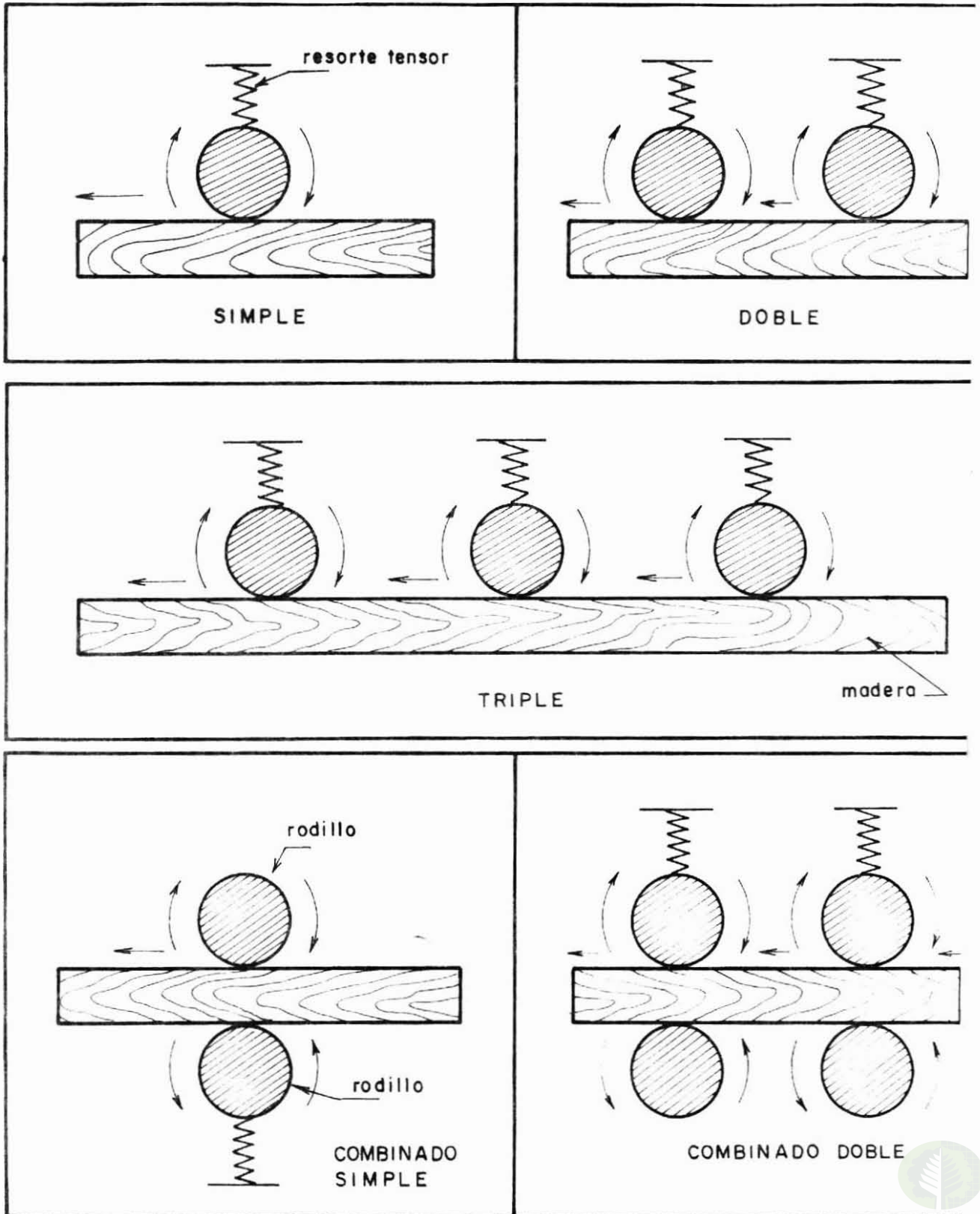
- Rodillos de alimentación

Los rodillos de alimentación han encontrado bastante aplicación en las máquinas madereras por ser eficientes y de fácil construcción. Permiten la sujeción de la pieza al mismo tiempo que el avance, evitando así el descentrado de ella con respecto al órgano de corte (Figura 16).



FIGURA 16

RODILLOS DE ALIMENTACION

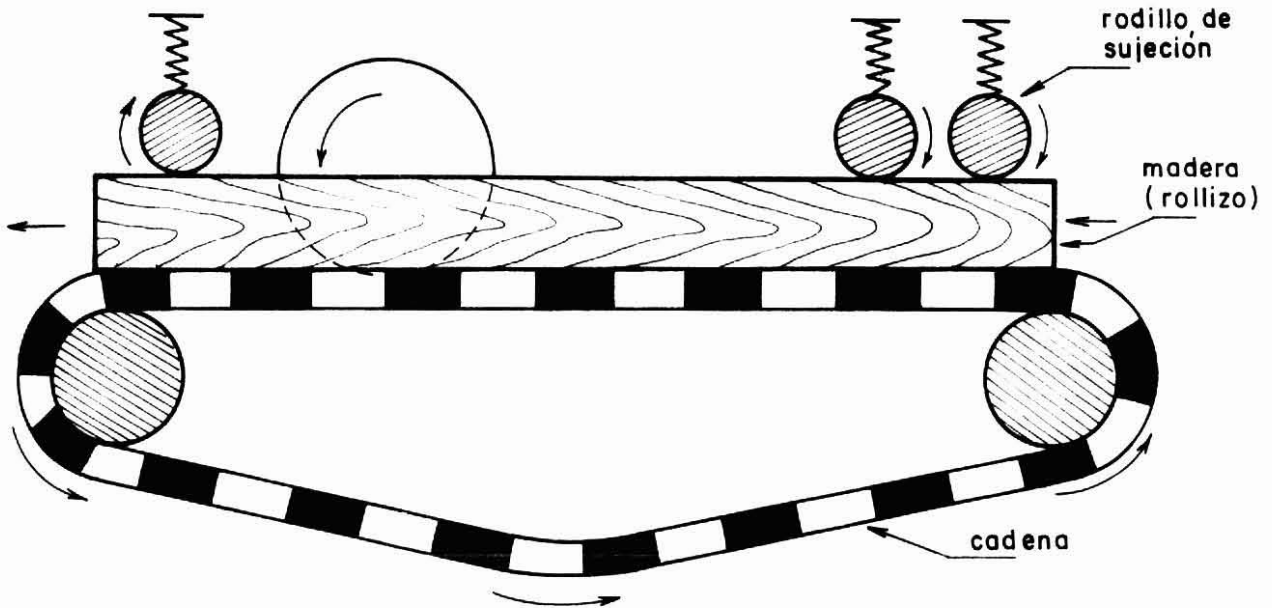


- Cadenas de alimentación

Este tipo de alimentación es muy común en las máquinas circulares. Sencillas en su construcción, permiten un avance suave y parejo, pero deben complementarse con rodillos de sujeción (Figura 17a) para apretar el rollizo sobre la cadena (Figura 17b). Se evita así el descentrado durante el corte.

FIGURA 17

CADENA DE ALIMENTACION

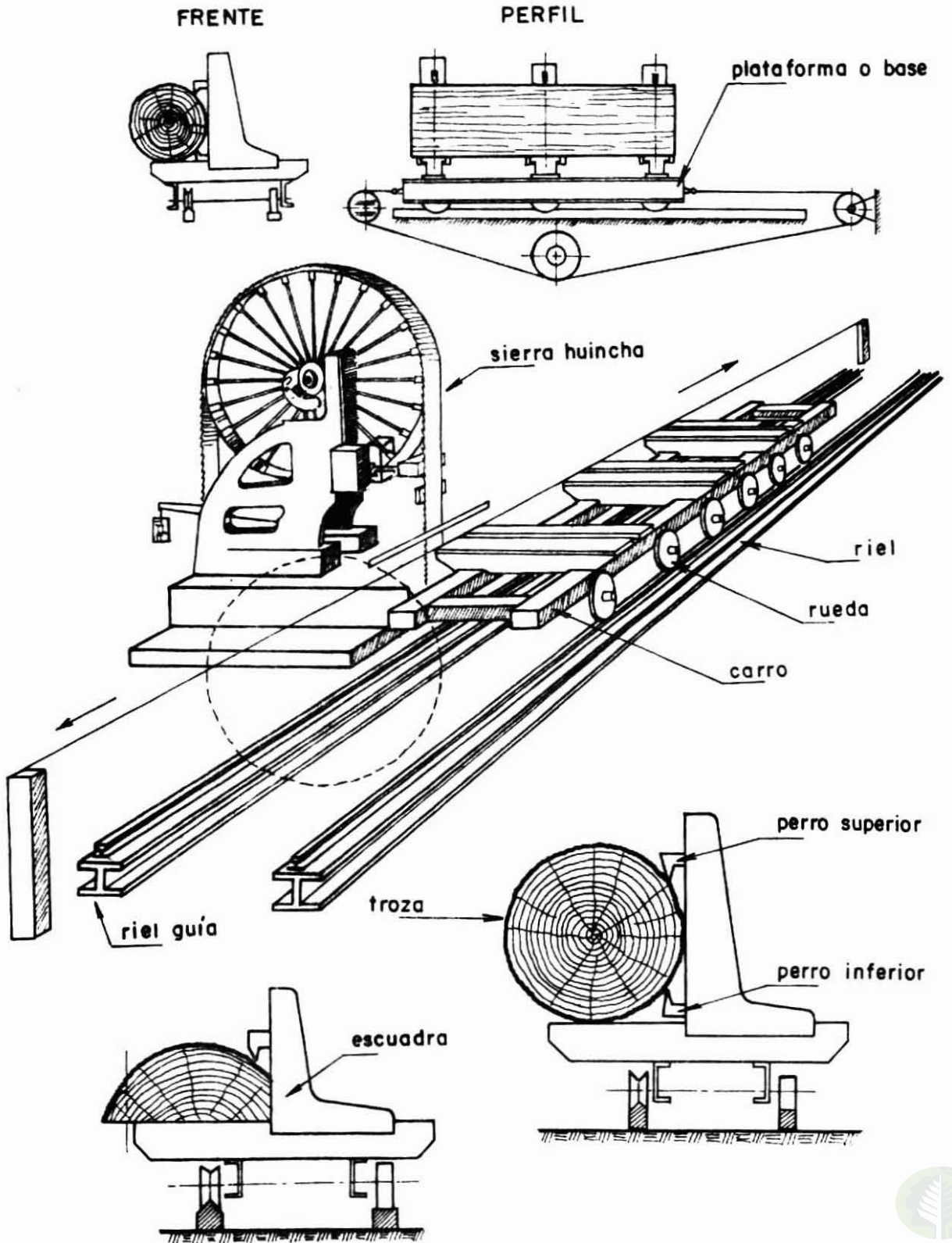


- Carros de avance

Los carros como órganos de avance, se utilizan en las aserradoras de sierras huinchas y circulares. Tienen mecanismos especiales para orientar y sujetar a las trozas, (Figura 18), dejándolas inmóviles durante el proceso de corte.

FIGURA 18

FRENTE Y PERFIL DE UN CARRO DE AVANCE



Los carros están sobre ruedas y su trayectoria rectilínea se asegura por rieles que van paralelos al plano de corte. Sus dimensiones deben corresponder a los diámetros de las trozas, con el objeto de aumentar su productividad. El movimiento de retroceso se realiza con mayor velocidad que el avance.

b) Cálculo de productividad de los órganos de avance

Normalmente, el cálculo del rendimiento (productividad) de los órganos de avance, se expresa en trozas que la máquina es capaz de aserrar por turno.

Existen dos fórmulas para el cálculo, dependiendo del tipo de avance que posee la máquina:

- 1) Para avance con rodillos o cadenas de alimentación, la productividad se calcula según la fórmula:

$$R = \frac{T * U * n}{L_r}$$

donde:

R = productividad (número de trozas por turno)
T = duración del turno (min)
U = velocidad de avance del sistema (m/min)
L_r = largo del rollizo a aserrar (m)
n^r = aprovechamiento del tiempo de trabajo (%)

- 2) Para avance con carro, la productividad se calcula según la fórmula:

$$R = \frac{T * n}{t}$$

donde:

t = tiempo total de aserreado de una troza (min)

La sumatoria de los tiempos está representada por siete tiempos parciales, a saber:

t₁ = tiempo para montar el rollizo sobre el carro (seg)
t₂ = tiempo para apretar los "perros" (seg)
t₃ = tiempo para centrar frente a la sierra (seg)
t₄ = tiempo de avance del carro (seg)

- t_5 = tiempo de retroceso del carro (seg)
- t_6 = tiempo para dar vuelta la troza según plan de corte(seg)
- t_7 = tiempo para liberar el resto del rollizo (seg)

En el cuadro 8 se entregan antecedentes empíricos que pueden ser utilizados en forma práctica para calcular el tiempo total de aserrió de la troza. Estos tiempos dependen del tipo de sistema que impulse al carro de avance: manual, electro-mecánico o hidráulico-neumático.



CUADRO 8

TIEMPOS DE ASERRIO SEGUN TIPO DE AVANCE

Tiempo (seg)	Naturaleza del tiempo	Tipo de avance		
		Manual	Eléctrico- mecánico	Hidráulico - neumático
t ₁	tiempo de carga	10 a 30	6 a 8	3 a 4
t ₂	tiempo de aprete	15 a 30	4 a 5	3 a 4
t ₃	tiempo de centrado	10 a 15	3 a 4	1 a 3
t ₄	$t_4 = \frac{s * z}{U_a}$	--	--	--
t ₅	$t_5 = \frac{s * z}{U_r}$	--	--	--
t ₆	tiempo para dar 1 vuelta (Z ₁ =1)	15 a 35	6 a 10	2 a 6
t ₇	tiempo para liberar la troza	10 a 15	4 a 6	2 a 5

NOTA: Para el cálculo de los tiempos t₄ y t₅ se deben conocer las velocidades de avance (U_a) y retroceso (U_r) del carro, los números de cortes que se harán a la troza (z) y la carrera del carro (s). Además se deberá conocer el número de vueltas (Z₁) que se le dará a la troza según el plan de corte.

El uso de la tabla queda explicado en el siguiente ejemplo, tomando como datos el caso de la sierra circular detallado en el punto 6.2.1.

c) Ejemplo de cálculo de productividad de un sistema de avance

Se desea conocer el número de trozas que se podrían aserrar en una sierra circular. El plan de corte contempla la producción de basas de máximas dimensiones. Si el tipo de avance es con carro y sistema eléctrico, se tiene lo siguiente:

$$R = \frac{T * n}{t}$$

del Cuadro 8 se obtiene: $t_1 = 7$ seg, $t_2 = 5$ seg,
 $t_3 = 4$ seg, $t_4 = \frac{s * z}{U_a}$, $t_5 = \frac{s * z}{U_r}$, $t_6 = 8$ seg, $t_7 = 5$ seg.

- $U_a = 27$ m/min, $U_r = 41$ m/min (el retroceso es normalmente 50% más rápido que el avance).

- $s =$ carrera del carro $= L_{tr} + D_s + 200$ mm

donde:

L_{tr} = largo de la troza

D_s = diámetro de la sierra

200 mm = alejamiento de la troza desde la sierra.

$s = 4,1 + 1,2 + 0,2$

$s = 5,5$ m

- El plan de corte indica:

$Z = 4$ cortes



$z_1 = 3$ vueltas a la troza

$$t_4 = \frac{5,5 * 4 * 60}{27} = 49 \text{ seg}, \quad t_5 = \frac{5,5 * 4 * 60}{41} = 32 \text{ seg}$$

$$t = 110 \text{ seg}$$

Luego:

$$R = \frac{8 * 3.600 * 0,8}{110}$$

$$R = 210 \text{ trozas/turno}$$

Considerando un aprovechamiento del tiempo de trabajo de 80% ($r = 0,8$), el aserradero con esa mecanización y plan de corte puede aserrar 210 trozas por turno.

6.3. Máquinas principales

Como máquinas principales se define aquellas que realizan los primeros cortes en la madera, que en esencia representan las máquinas más importantes para la producción de madera aserrada. La clasificación general de éstas se puede apreciar en el punto 6.1. (Figura 16).

6.3.1 Máquinas de sierra circular

6.3.1.1. Características generales

El aserradero de sierra circular es reconocidamente el más barato en precio y mantención. Este tipo de aserradero es fuerte, simple de operar y no precisa de personal muy calificado.

Sus características le permiten, más que a ningún otro tipo de aserradero, ser accionado por cualquier tipo de motor, con lo que puede operar en forma estacionaria o móvil.

La objeción generalmente manifestada respecto a la sierra circular, es que convierte una parte importante de la troza en aserrín, pues el ancho de corte del diente es muy grande. Esto mismo hace que el consumo de energía para efectuar el corte sea muy alto.

Las máquinas de sierra circular se caracterizan por lo siguiente:

- diámetro máximo de la sierra
- número de revoluciones por minuto del eje motriz
- velocidad de corte
- velocidad de avance y
- potencia del motor

Para calcular el diámetro de la sierra, se usa la fórmula:



$$D_s = 2 d_r + d + 20 \text{ (mm)}$$

donde:

D_s = diámetro de la sierra (mm)

d_r = diámetro del rollizo (mm)

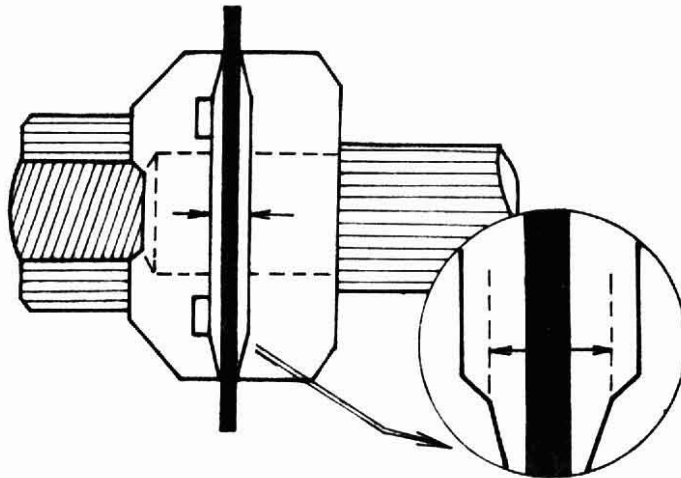
d = diámetro del collarín (mm)

Los collarines (Figura 19), impiden el desplazamiento axial de la sierra en el eje y le dan estabilidad durante el corte. El diámetro en éstos es función del diámetro de la sierra y se determina por la fórmula:

$$d = 5 * \sqrt{D_s} \text{ (mm)}$$

FIGURA 19

COLLARIN DE SIERRA



El diámetro máximo de la sierra, cuando la máquina cuenta sólo con una, alcanza 1.500 mm (60 pulg), aunque normalmente se usan sierras entre 1.200 mm y 1.350 mm (48 a 54 pulg). Cuando se procesan trozas de diámetros mayores, se debe utilizar una sierra volante, en un eje superior ligeramente desplazado en relación al eje de la sierra principal.

El número de revoluciones del eje motriz es el que determina la velocidad de corte que, para el aserrado de rollizos, varía entre 400 y 750 r.p.m.

La velocidad de corte se calcula en relación a la velocidad periférica de la sierra, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$V_c = \pi * D_s * n$$

donde:

V_c = velocidad de corte (m/min)

D_s = diámetro de la sierra

n = revoluciones por minuto (r.p.m.)

La velocidad de corte para las sierras de aserradero está comprendida entre 2.400 y 2.700 m/min.

En cuanto a la velocidad de avance de la madera a través de la sierra, ésta depende de las características técnicas de la máquina y, generalmente, es regulable, estimándose que un avance de 30 m/min es adecuado.

Para calcular la velocidad de avance se usa la siguiente fórmula:



$$U = V_c * \frac{U_z}{t}$$

donde:

- U = velocidad de avance (m/min)
- V_c = velocidad de corte (m/min)
- U_z = avance por diente (m)
- t = paso del diente de la sierra (m)

El avance por diente, para sierras circulares de aserrado de rollizos, está comprendido entre 0,5 y 2,5 mm, para un número de dientes entre 42 y 56 y un paso de diente de 75 y 90 mm.

A modo de ejemplo práctico, a continuación se determina la velocidad de avance óptima para la situación que se indica:

- D_s = 1.200 mm
- Z = 46 diente
- V_c = 47 m/seg

Para determinar U se requiere conocer el paso t de la sierra

$$t = \frac{\pi * D_s}{Z}$$

donde:

- t = paso de la sierra (mm)
- Z = número de dientes
- π = 3,1416
- D_s = diámetro de la sierra (mm)

$$t = \frac{3,1416 * 1.200}{46} = 82 \text{ mm}$$

Luego, si se considera como óptimo $U_z = 1 \text{ mm}$ entonces:

$$U = V_c * \frac{U_z}{t} = 47 \frac{1}{82} = 0,57 \text{ m/seg} = 34 \text{ m/min}$$

En relación a la potencia del motor, hay que señalar que en éste reside, en gran medida, la capacidad del aserradero.

En los aserraderos de sierra circular, el motor debe ser de potencia superior al de uno similar operado con distinto tipo de sierra, pues, por ejemplo, el ancho de corte del diente es más del doble que el de una sierra huincha.

No es fácil determinar la potencia necesaria para que una sierra circular de trozas funcione en forma ideal, ya que ésta depende de la especie, altura de corte, avance y ancho del corte.

6.3.1.2. Clasificación de las máquinas de sierra circular

En los aserraderos se encuentran principalmente la sierra circular con carro, la doble sierra circular y la reaserradora de sierra circular múltiple.

a) Sierra circular con carro (Figura 20)

Básicamente se componen de dos partes:

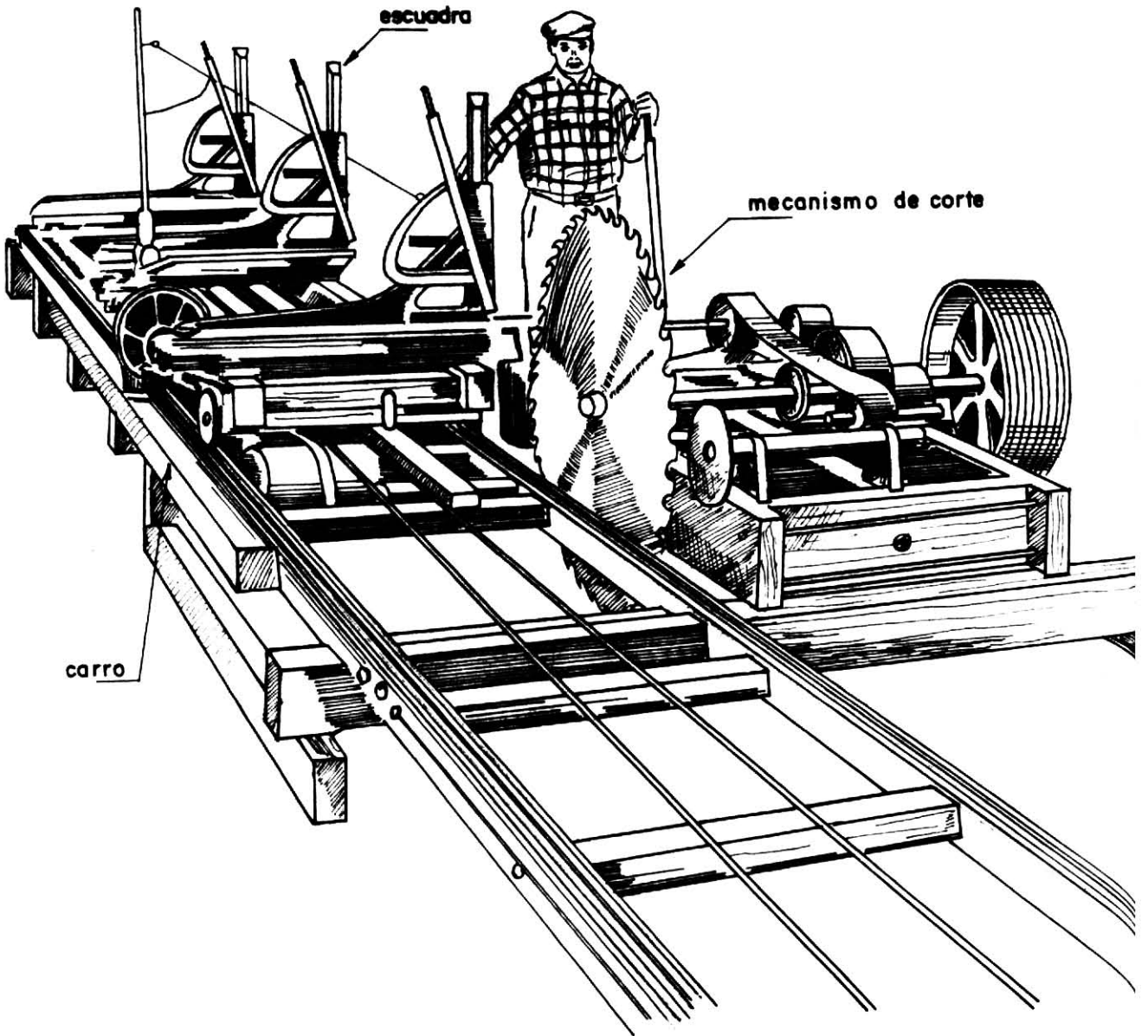
- Mecanismo de corte
- Carro

El mecanismo de corte está compuesto por el eje donde va montada la sierra, el motor, y las transmisiones que permiten regular el avance y retroceso del carro mediante un tambor y un cable de acero.



FIGURA 20

SIERRA CIRCULAR CON CARRO



El carro, cuya estructura puede ser de perfiles de acero o de vigas de madera, incluye un sistema de avance de la troza hacia la sierra, que permite seleccionar el espesor de corte deseado. Incluye además entre 2 y 4 escuadras metálicas, sobre las que se desliza la troza, las que van provistas de sujetadores (perros) que fijan fuertemente la troza y evitan que ésta se mueva.

El carro se desliza sobre rieles, uno de los cuales tiene un perfil que obliga a las ruedas, con perfil negativo, a seguir la línea que debe ser absolutamente paralela al plano de corte.

Condición necesaria para que la sierra pueda efectuar un buen trabajo, es que quede perfectamente centrada en su eje, sin juego radial. El desplazamiento radial produce una carga irregular sobre los dientes de la sierra, lo que ocasiona cortes de baja calidad. Por otra parte, el desplazamiento axial ocasiona un ancho de corte excesivo y un calentamiento de la sierra debido al roce con la madera. Generalmente, el desplazamiento axial se produce por callarines defectuosos.

Con el propósito de evitar el contacto, durante el corte, entre el cuerpo de la sierra y la madera, se recomienda desviar ligeramente el plano de corte de la sierra hacia el carro.

Con el propósito de permitir una operación de corte libre a la sierra, es recomendable utilizar un separador o repartidor de forma de disco o de cuchillo, el que debe ubicarse muy cerca de la parte posterior de la sierra (25 mm) y en el mismo plano.



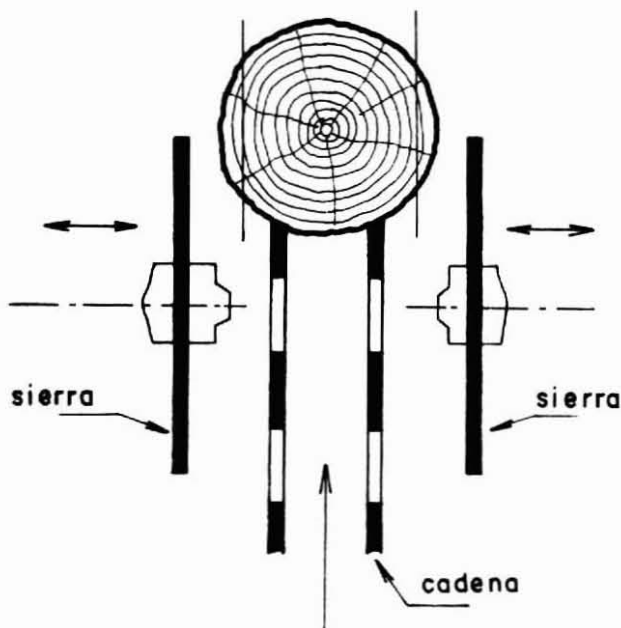
b) Sierra circular doble (Figura 21)

Está constituida por dos sierras paralelas montadas en un mismo eje o en ejes separados, las que se acercan o se alejan una de otra de acuerdo al programa de corte que, en este caso, generalmente se relaciona con el diámetro de las trozas. Es una máquina diseñada para procesar trozas de diámetros más bien pequeños.

El sistema de alimentación de trozas se ejecuta, en la mayoría de los casos, mediante una cadena que pasa entre ambas sierras. Además, existe un tipo de alimentador aéreo que permite entrar la troza con mucha precisión antes de enfrentar las sierras.

FIGURA 21

SIERRA CIRCULAR DOBLE



c) Sierra circular múltiple (Figura 22)

Se usa solamente como reaserradora y precisa que la troza tenga a lo menos, dos caras paralelas antes de proceder al corte. La alimentación es por medio de rodillos estriados.

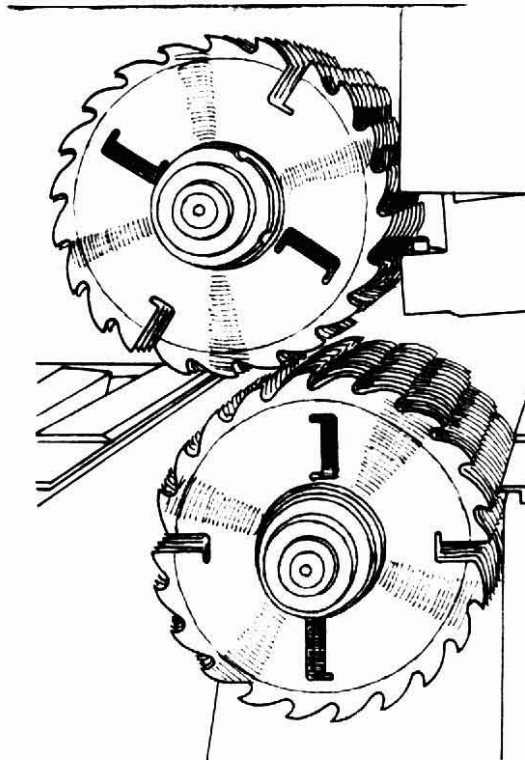
La máquina de sierra circular múltiple puede ser de un solo eje o de dos ejes paralelos. En sierras múltiples de doble eje, los diámetros de las sierras y los espesores de corte son menores, ya que son dos las sierras que efectúan cada corte.

El principal problema de estas máquinas, es que en algunos casos, generalmente por problemas de mantención de las sierras, los dos cortes de las sierras no coinciden.

Las máquinas de sierras múltiples de alto rendimiento cuentan con sistemas de refrigeración para las sierras, generalmente se emplea agua a presión.

FIGURA 22

SIERRA CIRCULAR MULTIPLE



6.3.1.3. Elementos de corte de la sierra circular

Consisten en discos dentados de gran variedad de diámetros y espesor de corte entre 3,2 y 11 mm, con avance de 2.400 - 2.800 m/min.

a) Clasificación de las sierras según tipo de diente

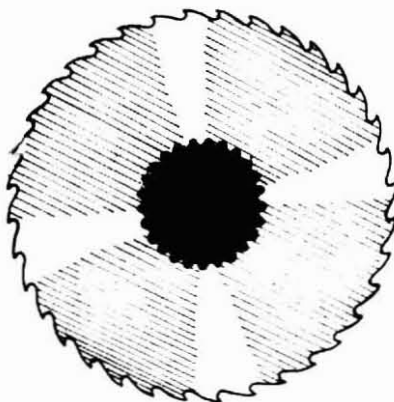
- diente fijo
- diente postizo
- con punta calzada

a.1.) Sierras de dientes fijos (Figura 23)

Son aquellas cuyo diente forma parte del mismo material del cuerpo de la sierra. La punta de los dientes deben ensancharse con un recalador manual o mecánico, para que el cuerpo de la sierra no roce con la madera durante el corte.

FIGURA 23

SIERRA DE DIENTE FIJO

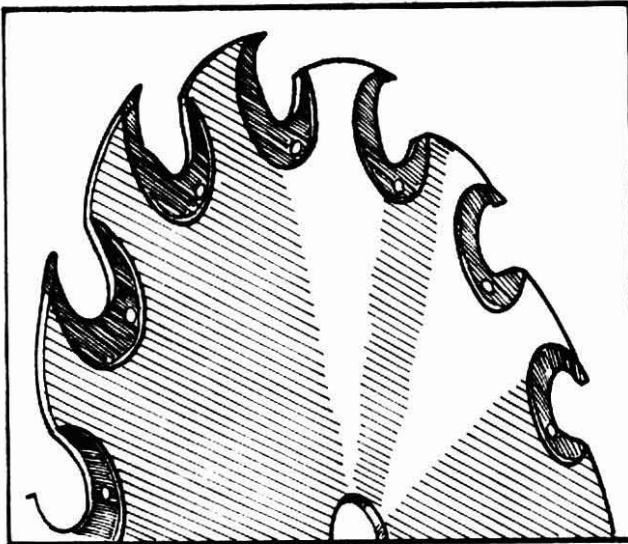


A.2.) Sierras de dientes postizos (Figura 24)

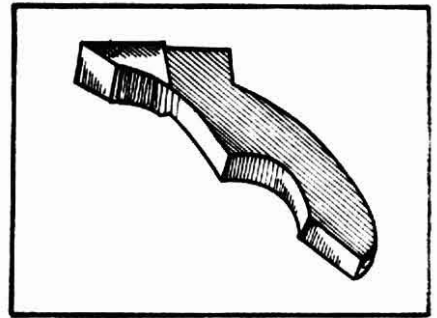
Son aquellas cuya parte dentada está formada por dientes que, mediante medialunas, se insertan en huecos existentes en la periferia de la sierra.

FIGURA 24

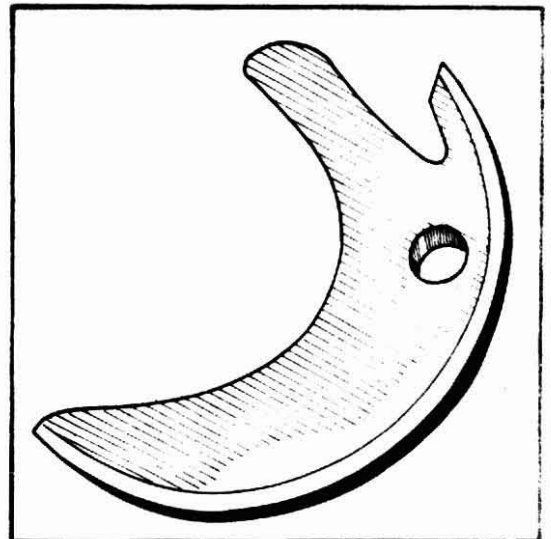
SIERRA DE DIENTE POSTIZO



Dientes completos insertados en la periferia de la sierra



Diente postizo



Medialuna

Existen dos tipos de dientes postizos:

- designados por letras y
- designados por números.

Aquellos dientes designados por letras corresponden al tipo de doble círculo. En cambio, los designados por número, son del tipo de un solo círculo.

Las sierras de dientes postizos se fabrican en una diversidad de estilos de dientes y medialunas, las que varían de acuerdo con la potencia disponible y el tipo de madera a aserrar. En general, los aserraderos que cuentan con potencia suficiente debe usar sierras de dientes tipo F y 2 1/2, especialmente para madera nudosa. Para aserraderos con potencia insuficiente, es más adecuado el uso de sierras con dientes N°3.

a.3.) Sierras de puntas calzadas (Figura 25)

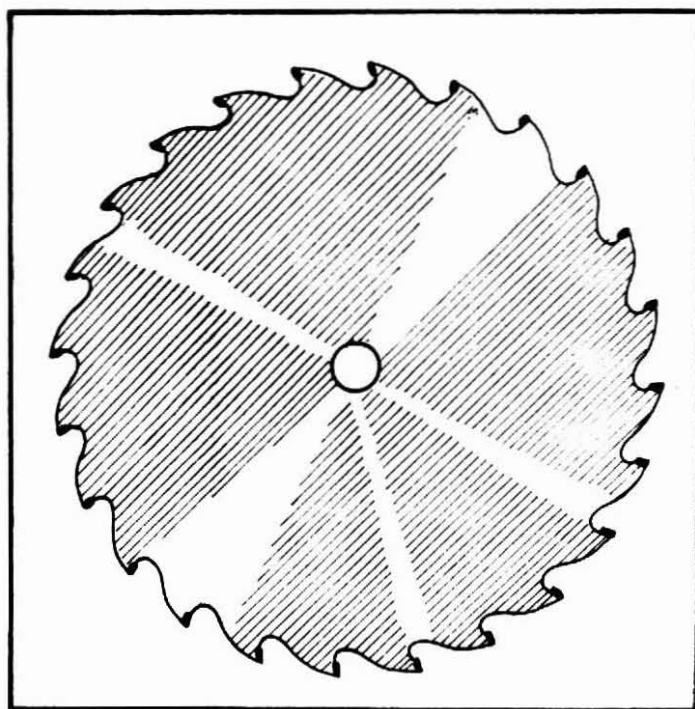
Son usadas especialmente en máquinas reaserradoras con altura de corte más bien limitada. Cualquier sierra de acero normal puede tener dientes de puntas calzadas, las que van soldadas al resto del diente.

Las sierras de diente con puntas calzadas han encontrado una amplia utilización por la mayor duración en el trabajo. Sin embargo, la necesidad de contar con personal calificado para efectuar la operación de soldar las puntas al diente y el afilado de éste, ha impedido una mayor expansión.



FIGURA 25

SIERRAS DE PUNTAS CALZADAS



b) Clasificación según el cuerpo de la sierra

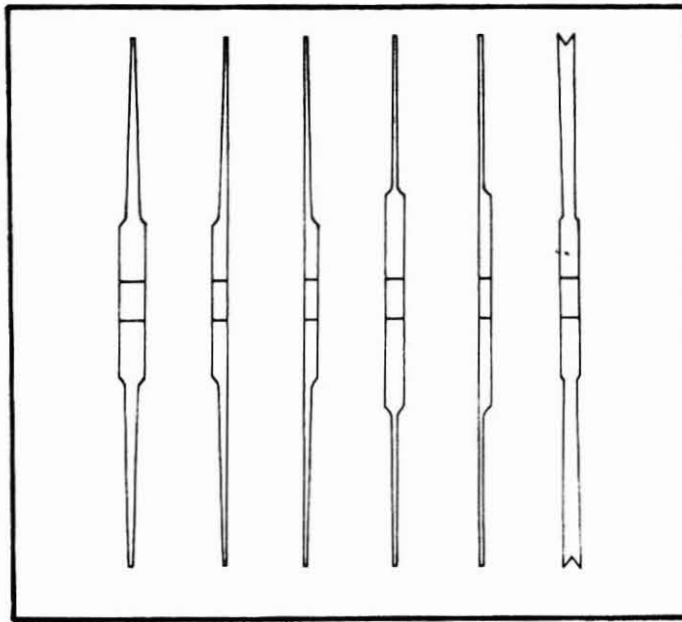
Según la forma del cuerpo de la sierra, existe la siguiente clasificación:

- Sierras planas: Tienen el mismo espesor en todo el disco y su parte dentada está ensanchada mediante recalado o trabajo.
- Sierras cónicas (Figura 26)

El cuerpo de la sierra presenta mayor espesor en su parte central. Existen diferentes tipos de ellas: cónica izquierda, derecha, doble conicidad y conicidad inversa.

FIGURA 26

SIERRAS CONICAS



c) Parámetros básicos

Dentro de los parámetros, se deben distinguir aquellos que caracterizan al cuerpo de la sierra y aquellos que caracterizan al diente.

c.1) Espesor de la sierra

Está dado en función del diámetro de la sierra y se determina de acuerdo a la fórmula general:

$$s = (0,08 \text{ a } 0,15) * D_s \text{ (mm)}$$

donde:

s = espesor de la sierra (mm)

D_s = diámetro de la sierra (mm)

El criterio para optar sobre un valor menor o mayor de las constantes 0,08 a 0,15 depende del diámetro de la sierra. A mayor diámetro, la constante debe ser mayor.

c.2) Ancho de corte

Dado en función del diámetro, debe ser mayor que el espesor de la sierra, para asegurar que el cuerpo de ésta no roce con la madera durante el corte. Está dado por la fórmula:

$$b = 0,004 * D_s + 1,4 \text{ (mm)}$$

donde:

b = ancho de corte (mm)

Si el cálculo resultara incorrecto en el sentido que el ancho de corte es igual o menor que el espesor, se puede recurrir

al Cuadro 9, el cual recomienda el valor del trabado o recalado según la fórmula:

$$b = s + 2 s'$$

donde:

s' = valor del trabado o recalado (mm)

CUADRO 9

VALORES DEL TRABADO O RACALADO SEGUN FORMULA $b = s + 2s'$

MADERAS	s' (mm)	%
BLANDAS	0,55 a 0,65	menor que 30%
	0,65 a 0,75	mayor que 30%
DURAS	0,4 a 0,5	

c.3) Paso del diente de la sierra

Está en función del espesor, y determina el número de dientes que debe tener la sierra; se calcula por la fórmula:

$$t = (10 \text{ a } 14) * s \text{ (mm)}$$

c.4) Altura del diente

Asegura la resistencia del diente y la superficie que debe tener la garganta en donde va contenido el aserrín. Está dado en función del paso:

$$h' = (0,6 \text{ a } 0,9) * t \text{ (mm)}$$

c.5) Radio de la garganta

Permite que el aserrín no se concentre en el fondo de la garganta y que salga en forma suave desde ella. La curvatura permite que las tensiones se distribuyan en forma homogénea.

$$r = (0,1 \text{ a } 0,2) * t \text{ (mm)}$$



c.6) Número de dientes

Está en función del diámetro y del espesor, asegura el número mínimo de dientes que debe poseer la sierra.

$$Z_{\text{mín}} = (0,3 \text{ a } 0,4) * \frac{D_s}{s}$$

En las fórmulas anteriores, los valores menores se deben usar para las maderas duras y los mayores para las maderas blandas o de menor densidad.

c.7) Formas o perfiles de los dientes

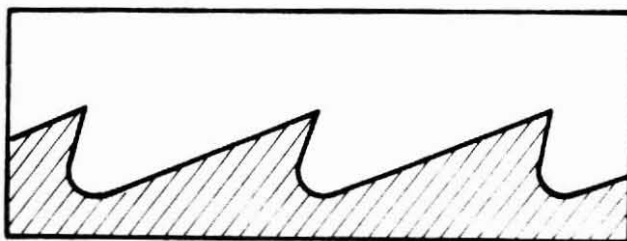
Para el aserradero de trozas se recomienda en general tres formas o tipos de dientes:

- Diente de lomo recto (NV) (Figura 27)

Según el nuevo sistema internacional se le designa como NV. Recomendado para maderas blandas, presenta menor resistencia dado su perfil y permite un mayor ángulo de incidencia

FIGURA 27

DIENTE DE LOMO RECTO (NV)



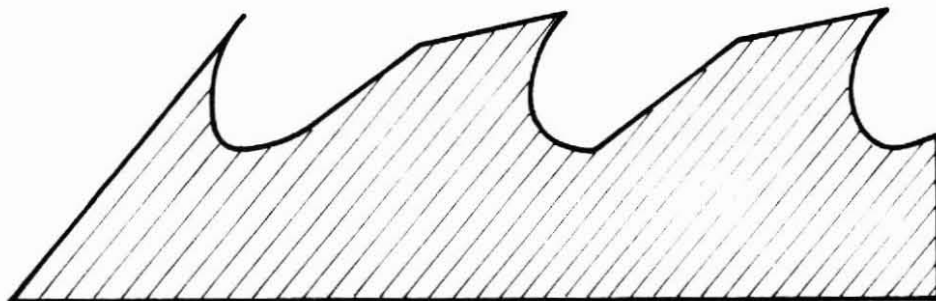
- Diente lomo quebrado (KV) (Figura 28)

Se le designa como KV y es recomendado para maderas semiduras, presentando mayor resistencia que el diente de lomo recto.

FIGURA 28

FIGURA 28

DIENTE DE LOMO QUEBRADO (KV)

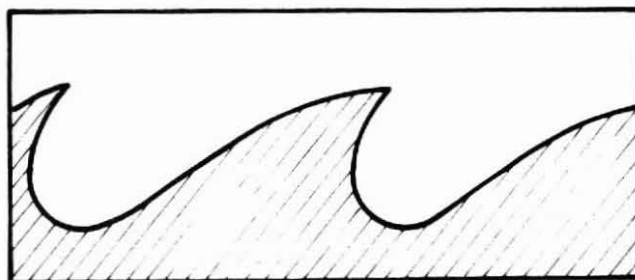


Diente de lomo curvo (PV) (Figura 29)

Conocido como PV, se recomienda para maderas duras.

FIGURA 29

DIENTE DE LOMO CURVO



C.8) Ángulos de los dientes

La práctica internacional plantea los valores expuestos en el Cuadro 10, los que se deben tomar sólo a modo de referencia guía.

CUADRO 10

VALORES DE ANGULOS DE LOS DIENTES SEGUN SU PERFIL

Perfil del diente	A (*)	B (*)	Y (*)
NV	30	40	20
KV	15	40	35
PV	15	40	35

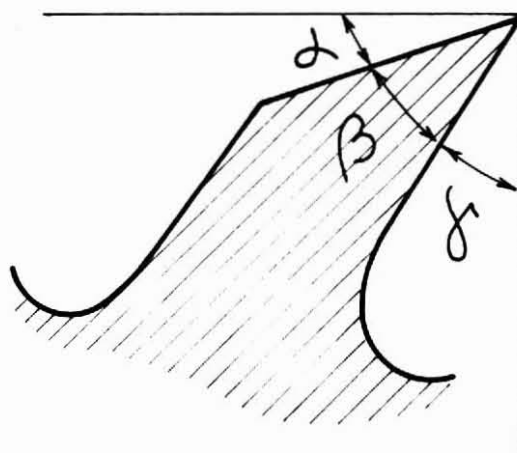
Nota: (*)

- A = ángulo de incidencia
- B = ángulo de perfil
- Y = ángulo de ataque

Los ángulos A , B, Y se muestran esquemáticamente en la Figura 30.

FIGURA 30

ANGULOS DE LOS DIENTES



6.3.1.4. Criterios para seleccionar una sierra circular

Si se mantiene en consideración que una máquina de sierra circular transforma un gran porcentaje del trozo en aserrín por el excesivo ancho de corte del diente y que la calidad de la madera, en cuanto a exactitud de las dimensiones de las piezas, producida no es buena, los criterios para seleccionarla comprender lo siguientes.

- baja inversión comparada con otro tipo de sierra
- fácil de operar y de mantener
- no precisa de taller de afilado cuando las sierras son de dientes postizos
- puede ser operada por personal con poca preparación
- se presta para ser instalada en zonas rurales y operada con cualquier fuente de energía
- volumen razonable de producción en relación a su inversión
- prácticamente no consume repuestos

- puede combinarse con otras máquinas en forma ventajosa, ejecutando sólo los cortes primarios
- no precisa de trozos clasificados por diámetros

6.3.2 Máquinas de sierra huincha

6.3.2.1. Características generales

Esta máquina utiliza una huincha, cinta o banda dentada que va cortando a medida que las ruedas o volantes sobre la que va montada van girando, tal como lo hace una correa de transmisión.

Las partes principales de la máquina de sierra huincha se aprecian en las Figuras 15 y 18.

El eje motriz de la máquina es el volante inferior, el cual transmite el movimiento al eje y volante superior por intermedio de la huincha.

Para poder instalar la huincha a la máquina, el volante superior se puede desplazar verticalmente. Por otra parte, el movimiento rectilíneo de la huincha se fija por medio de la guía superior que es móvil, y se desplaza de acuerdo a la altura de corte, y por la guía inferior que es fija.

El avance de estas máquinas se efectúa siempre con la madera en forma perpendicular a la huincha.

Las máquinas de sierra huincha se caracterizan por lo siguiente:

- diámetro de los volantes (D_v)
- distancia entre centros de los volantes (L)
- distancia máxima entre las guías (l)
- número de revoluciones de los volantes (n)
- velocidad de avance (V_a)
- velocidad de retroceso (V_r)
- potencia de los motores (N)

El diámetro del volante (D_v) es el indicador del tamaño o envergadura de la máquina y tanto el ancho y espesor de la huincha, así como la velocidad de corte y avance, están relacionados en forma directa o indirecta con éste.

Las sierras huinchas se fabrican de varios tipos y tamaños, variando los diámetros de los volantes entre 0,70 y 2,40 m y las potencias necesarias de los motores, entre 15 y 200 HP.



Este tipo de máquina tienen varias ventajas en relación a otros tipos de sierras utilizadas en el aserrado de trozos o en el dimensionado:

- no precisa de clasificación de los diámetros de las trozas
- bajo porcentaje de producción de aserrín y, en consecuencia, alta recuperación en madera aserrada debido al espesor de la cinta.
- el corte se puede realizar a alta velocidad, hasta 3.300 m/min, cuando la mantención de las huinchas es la adecuada. Lo mismo sucede con la velocidad de avance.

Para lograr los rendimientos y calidades de madera, se debe, sin embargo tener en cuenta lo siguiente:

- precisa de un taller de mantención con máquinas que, en general, son caras.
- precisa de personal altamente calificado para la mantención y reparación de las huinchas. Una deficiente mantención de las sierras produce frecuentes paralizaciones en el proceso y, en consecuencia, la producción baja.
- es necesario contar con personal de operadores de cierta categoría a objeto de obtener de la máquina un rendimiento óptimo
- stock de repuestos principales.

6.3.2.2. Clasificación de las máquinas de sierra huincha

De acuerdo a las características técnicas más generales, se clasifican en:

a) Según la posición de los volantes

- verticales
- horizontales

Las máquinas equipadas con volantes verticales en relación a su fundación o piso, son las más comunes.

Las máquinas grandes requieren de fundaciones de hormigón, pero ocupan poca superficie. El volante inferior obliga a cavar un foso o, en su defecto, construir un segundo piso quedando el volante inferior en el primero.

En las máquinas de volantes horizontales, la madera se fija por la parte inferior de la cinta y, en máquinas reaserradoras, se



aprovecha todo el alto de corte, distancia entre las guías, en forma permanente, si es necesario.

b) Según el diámetro de los volantes

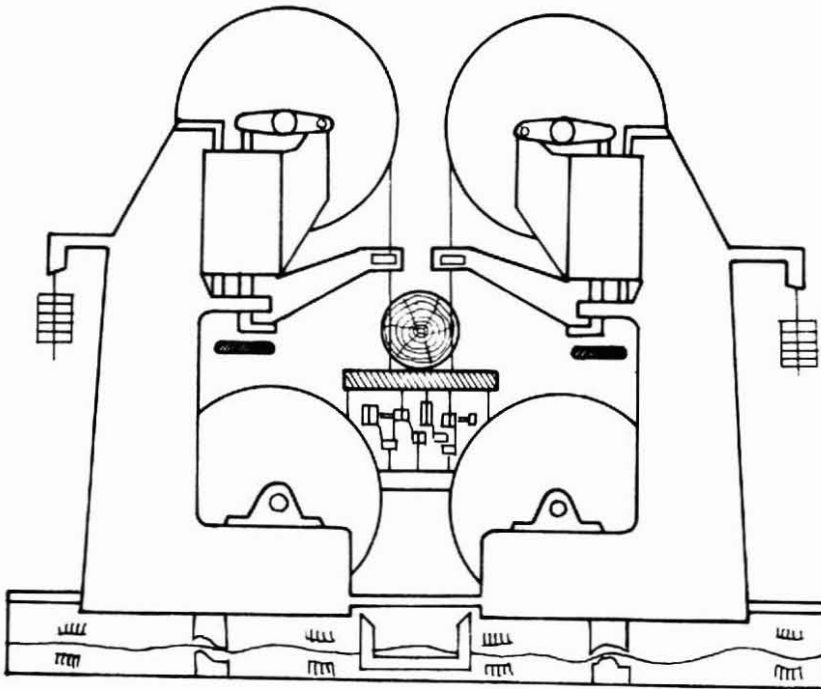
Se distinguen:

- máquinas livianas (volantes de menos de 1,10 m de diámetro)
- máquinas medianas (volantes de 1,10 a 1,50 m de diámetro)
- máquinas pesadas (volantes de más de 1,50 m de diámetro).

En la actualidad y con el propósito de aumentar la producción con trozas de menores diámetros, se utilizan dos o más sierras en paralelo (Figura 31), quedando la máquina con carro para procesar trozas de grandes diámetros.

FIGURA 31

SIERRA HUINCHA DOBLE



c) Según el tipo de avance

Se distinguen:

- con carro
- con cadena o rodillos

6.3.2.3. Elementos de corte de la sierra huincha

a) Clasificación según el número de bordes dentados de la sierra

El instrumento de corte de la máquina es una huincha sin fin que puede tener:

- un borde dentado (corte simple)
- ambos bordes dentados (corte doble).

La sierra que tiene dientes en uno de sus bordes, es la más común. Esta se utiliza tanto en máquinas con avance con carro, como en aquellas con rodillos o cadena de alimentación.

La sierra de doble corte tiene dientes en sus dos bordes y se utiliza en máquinas medianas o grandes alimentadas por carros. Estas sierras permiten cortar la madera tanto en el avance como en el retroceso del carro, aumentando así la productividad del proceso.

b) Clasificación según el ancho de la sierra

Se distinguen:

- sierra de huincha angosta
- sierra de huincha amplia

Una sierra angosta tiene un ancho menor que 75 mm y se puede utilizar para alturas de corte de no más de 200 mm, con velocidades de corte 20 a 30 m/seg. Normalmente los dientes son trabados.

Una sierra de huincha amplia tiene un ancho de hasta 400 mm, con velocidades de corte entre 30 y 50 m/seg. Sus dientes deben ser recalcados.

c) Parámetros básicos

La mayoría de los parámetros que caracterizan tanto a la máquina como a la sierra dependen del diámetro del volante. Aquí se dan a conocer aquellos más típicos de la máquina, dada su interrelación con el diámetro del volante.



c.1) Largo de la sierra

El largo de la sierra se determina de acuerdo a la siguiente recomendación:

$$L = (6,5 \text{ a } 7) * D_v$$

donde:

L = largo de la sierra (m)

D_v = diámetro del volante (m)

Una sierra larga se mantiene en funcionamiento por mayor tiempo ya que tiene mayor número de dientes que participan en el proceso de corte, pero es menos estable y pierde su tensión más rápido que una sierra más corta.

c.2) Distancia entre volantes

La distancia entre los centros de los ejes de los volantes superior e inferior, define la altura de trabajo de la máquina (l) y el diámetro mayor de la troza que es posible aserrar. Esta dada por:

$$L_o = 0,5 * L - 1,57 * D_v$$

donde:

L_o = distancia entre ejes de los volantes (m)

c.3) Altura de trabajo de la máquina

Representa la distancia entre la guía superior móvil y la inferior fija. Se recomienda calcularla por la siguiente relación aproximada:

$$l \approx L_o - 0,75 * D_v$$

donde:

l = distancia entre guías (m)



c.4) Diámetro máximo de la troza a aserrear

Está en función de la distancia entre guías y estimando que la troza no se corta por el centro. Se recomienda calcularlo de acuerdo a la siguiente relación:

$$d_t = (1,0 \text{ a } 1,2) * l$$

donde: d_t = diámetro mayor de la troza (m)

c.5) Espesor de la sierra

Teniendo en cuenta las tensiones que surgen en la sierra como consecuencia del trabajo y la flexión a que está sometida en el volante, su cálculo se realiza mediante:

$$s = (0,001 \text{ a } 0,0012) * D_v$$

donde:

$$s = \text{espesor de la sierra (m)}$$

Los valores menores se recomiendan para máquinas de diámetros medianos y los mayores para máquinas pesadas. En todo caso, para el aserrado de trozas se consideran espesores de sierra entre 0,8 y 4 mm como máximo.

c.6) Ancho de la sierra

Depende del ancho del volante. Las sierras modernas se fabrican con un ancho que sobrepasa como máximo 10 mm el ancho del volante. Una sierra más ancha tiene mayor estabilidad durante el proceso de corte y permite mayores velocidades de avance, pero requiere una mejor preparación, tensionado, afilado, etc.

c.7) Paso de la sierra

Depende del espesor que ella tenga, siendo mayor para sierras con mayores espesores. La relación entre éstos es:

$$t = (35 \text{ a } 40) * s$$

donde:

$$t = \text{paso de la sierra (mm)}$$

$s = \text{espesor (mm)}$

Si la sierra es angosta, el paso se debe calcular de acuerdo a la altura de corte (menor de 200 mm) mediante:

$$t = 0,03 * \sqrt{h}$$

donde:

$h = \text{altura de corte (mm)}$

c.8) Altura del diente

La altura del diente se elige según:

$$h' = (0,25 \text{ a } 0,50) * t$$

donde:

$h' = \text{altura del diente (mm)}$

El valor menor es usado para el caso que se corte madera dura y el superior para madera blanda.

c.9) Radio de curvatura de la garganta

En general se calcula por:

$$r = 0,2 * t$$

donde:

$r = \text{radio de la garganta (mm)}$

c.10) Ancho de corte del diente

Las sierras utilizadas en aserraderos son recalçadas y el ancho de corte se relaciona con la densidad de la madera:

- madera muy blanda (ej.: álamo)

$$b = (2,1 \text{ a } 2,5) * s$$

donde:

$b = \text{ancho de la línea de filo (mm)}$



s = espesor de la sierra (mm)

- madera de densidad media (ej.: Pino radiata)

b = (1,8 a 2,1) * s

- b = (1,6 a 1,9) * s

c.11) Tipos de dientes

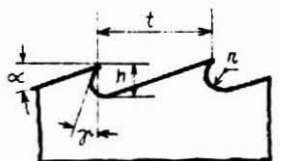
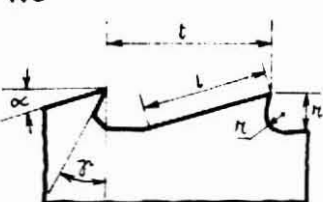
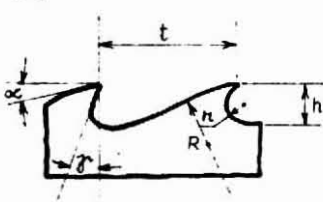
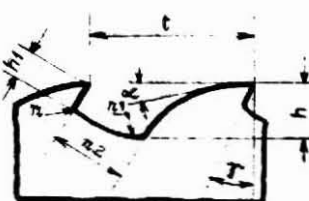
El paso del diente debe estar en relación al tipo de madera, velocidad de la hoja, velocidad de alimentación y de la profundidad de corte. Un paso demasiado grande aumenta la carga de cada diente, lo que producirá un deterioro rápido de la sierra.

La altura del diente debe estar en relación al paso. Si ésta es demasiado alta producirá vibraciones en la parte dentada y la sierra se desviará del corte. La experiencia muestra que una altura del diente equivalente a un tercio del paso es lo más adecuado en el caso de sierras de dientes recalcados.

Para las sierras ampliar se recomiendan diferentes tipos de dientes. Los parámetros que deben tomarse como referencia se señalan en el Cuadro 11.

CUADRO 11

**VALORES DE ALGUNOS PARAMETROS PARA DIVERSOS TIPOS DE DIENTES
EN SIERRAS HUINCHAS AMPLIAS**

PERFIL	PARAMETROS	Valores de los parámetros	
		Coníferas y Maderas blandas	Maderas duras
<p>NV</p> 	<p>t (mm)</p> <p>h (mm)</p> <p>r (mm)</p>	<p>40 - 50</p> <p>13</p> <p>3 - 4</p> <p>20 - 25</p> <p>10</p>	<p>32 - 40</p> <p>11</p> <p>3 - 4</p> <p>18 - 20</p> <p>8 - 10</p>
<p>NU</p> 	<p>t (mm)</p> <p>h (mm)</p> <p>l (mm)</p> <p>r (mm)</p>	<p>40 - 50</p> <p>13</p> <p>0,5 t</p> <p>3 - 4</p> <p>18 - 20</p> <p>10</p>	<p>40</p> <p>11</p> <p>0,5 t</p> <p>3 - 4</p> <p>15</p> <p>8 - 10</p>
<p>PV</p> 	<p>t (mm)</p> <p>h (mm)</p> <p>R (mm)</p> <p>r (mm)</p>	<p>40 - 50</p> <p>13</p> <p>2 t</p> <p>8</p> <p>30 - 35</p> <p>10</p>	<p>40</p> <p>12</p> <p>80</p> <p>6</p> <p>20 - 25</p> <p>10</p>
<p>PU</p> 	<p>t (mm)</p> <p>h (mm)</p> <p>h₁ (mm)</p> <p>r (mm)</p> <p>r₁ (mm)</p> <p>r₂ (mm)</p>	<p>50 - 60</p> <p>18 - 19</p> <p>6</p> <p>3</p> <p>12</p> <p>28</p> <p>30</p> <p>8</p>	<p>40 - 50</p> <p>16</p> <p>6</p> <p>2,5</p> <p>7</p> <p>20</p> <p>30</p> <p>8</p>

Se aprecia que la forma de diente PU tiene la garganta con construcción especial, presentando muy buen arrastre y desprendimiento de aserrín.

6.3.2.4. Criterio de selección de una sierra huincha

Existen muchas razones para seleccionar una sierra huincha, siendo las principales las siguientes:

- Es una máquina muy versátil que cuando opera con carro puede realizar variados cortes.
- El espesor de la hoja permite una baja producción de aserrín, aumentando en consecuencia el rendimiento de madera aserrada.
- No precisa de selección de trozas por diámetro.
- Puede producir madera de dimensiones muy precisas.
- Se consiguen en una amplia gama de tamaños y grados de automatización.

6.3.3. Máquinas alternativas

6.3.3.1. Características generales

En forma simplificada, la máquina alternativa puede considerarse como un marco con varias sierras que cortan la troza con movimientos verticales a medida que ésta avanza sobre un carro.

El número de sierras que se pueden instalar en el marco depende del programa de corte. El espesor de las piezas obtenidas es igual a la distancia entre las sierras.

En general, para lograr un mayor aprovechamiento de la máquina, es recomendable seleccionar las trozas por diámetros, lo que facilita el proceso.

Este tipo de máquina se puede usar como principal o como reaserradora combinadas con otras máquinas, Sin embargo, la práctica señala que el mejor rendimiento se logra usando dos de ellas en línea; una como sierra principal que limpia dos caras paralelas de la troza, para luego pasar a la sierra reaserradora.



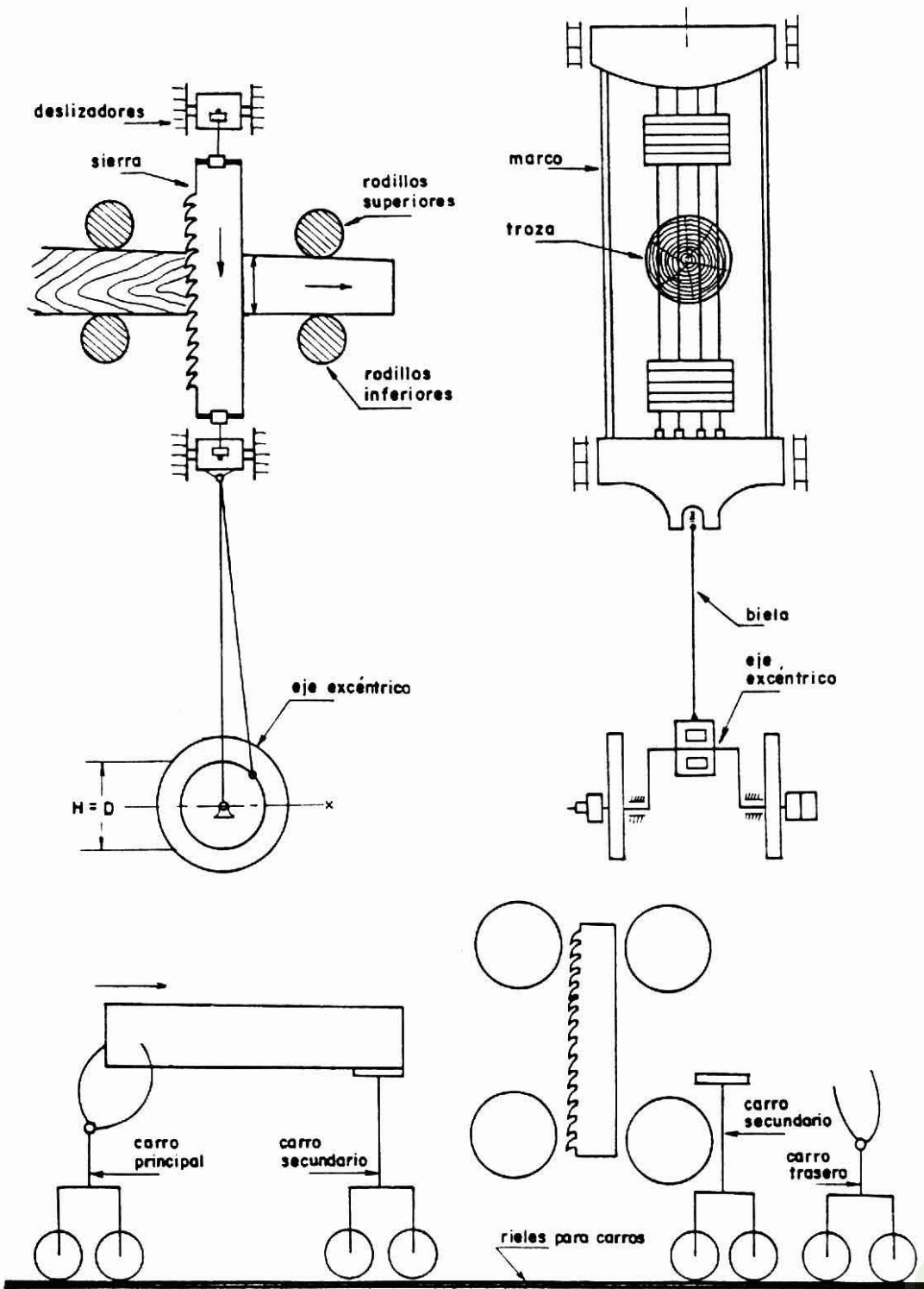
La forma de operar de ésta máquina obliga a que ella deba ser muy robusta, lo que hace necesario construir grandes fundaciones de hormigón armado.

En la Figura 32 se muestra el funcionamiento general y las partes que componen una máquina alternativa.



FIGURA 32

MAQUINAS ALTERNATIVAS



Mediante correas de transmisión, un motor mueve la excéntrica de la máquina, la que a su vez mueve el marco en forma alternativa, sobre el cual van montadas las sierras. El avance de la troza se realiza por los rodillos superiores e inferiores, ubicados antes y después del marco.

Frente a la máquina principal, se ubican el carro que asegura y orienta a la troza, y el carro secundario que mantiene el nivel horizontal de la troza. Detrás de la máquina se ubican los carros traseros principal y secundario, los que, al igual que los anteriores, se mueven sobre los rieles.

En las construcciones modernas, los carros traseros se han cambiado por el separador-guía y por un transportador longitudinal de rodillos.

Basándose en la Figura 32, se pueden definir los mecanismos básicos de la máquina alternativa como:

- Mecanismo de corte: Compuesto por eje principal, biela y marco.
- Mecanismo de avance: Compuesto por cuatro rodillos de alimentación, de los cuales el superior delantero sirve al mismo tiempo para apretar a la troza con cierta presión, la que impide su desviación durante el proceso de corte. Ambos rodillos superiores se pueden abrir y cerrar, dando posibilidades para aserrar diferentes diámetros de trozas.
- Comandos de la máquina: Se consideran en éstos el mecanismo de partida y detención de la máquina, de control de avance, de subida y bajada de los rodillos delanteros, de inclinación de las paralelas del marco de la máquina, etc.

6.3.3.2. Clasificación de las máquinas alternativas

Las máquinas alternativas son máquinas complejas en su funcionamiento y tecnología. Están destinadas al aserrado de rollizos en forma masiva, básicamente para diámetros pequeños y medianos. La variabilidad en la fabricación de este tipo de máquinas ha obligado a sistematizarlos de la siguiente forma:

- a) Según la dirección del movimiento que realiza el mecanismo de corte

Se dividen en:

- máquinas horizontales
- máquinas verticales

Las máquinas horizontales trabajan con una o dos sierras. Tienen baja productividad y se usan especialmente para aserrar trozas de diámetros mayores de maderas valiosas. La calidad de las superficies de corte obtenidas con ellas es buena, y el hecho que se aplique un proceso de corte individual, da posibilidad de utilizar a la troza de acuerdo a su calidad interna más conveniente.

- Las sierras alternativas verticales son bastante más utilizadas que las horizontales. Son muy productivas ya que trabajan con un gran número de sierras, hasta 12, montadas en forma paralela en el marco. Trabajan en forma masiva el rollizo, por lo que no es adecuado usarlas para aserrar trozas que presenten defectos internos. Estas máquinas son ideales para rollizos provenientes de bosques manejados.

b) Según la forma en que se establecen

Se distinguen:

- máquinas estacionarias
- máquinas móviles

La mayoría de las sierras alternativas son estacionarias, las que se montan sobre fundaciones de hormigón y permanecen en producción por un período prolongado.

Los móviles se montan sobre un chasis transportable y tienen baja productividad, no recomendándose para la producción industrial. Su utilización está centrada en el área militar y esporádicamente en el área forestal.

c) Según el número de revoluciones

Generalmente se clasifican en tres grupos:

- de bajo número de revoluciones (180 a 240 /min)
- de mediano número de revoluciones (240 a 300 /min)
- de alto número de revoluciones (300 a 400 /min)



d) Según el ancho del marco de la máquina

Se clasifican en tres grupos:

- marcos angostos (menor a 500 mm)
- marcos medianos (entre 500 y 750 mm)
- marcos anchos (más de 750 mm)

e) Según su altura

Se clasifican en:

- alternativas de un piso
- alternativas de dos pisos

Las de un piso están montadas al nivel del piso del aserradero, tienen reducida carrera del marco y el movimiento se efectúa por la parte superior de la máquina.

Las de dos pisos necesitan obligadamente de un primer piso donde va montada la base de la máquina; sobre el piso del aserradero sólo va el marco con los rodillos de alimentación.

f) Según el tipo de avance

Se distinguen:

- máquinas con avance periódico
- máquinas con avance continuo.

El avance periódico se realiza cuando el marco va subiendo hacia su punto muerto (avance en vacío) o cuando va bajando hacia su punto muerto inferior (avance en trabajo).

El avance continuo lo tienen las máquinas modernas; éste no cambia durante el proceso y es realizado por mecanismos sincronizados con el movimiento del marco.

6.3.3.3. Indicadores técnicos de corte de la máquina alternativa

En comparación con las máquinas sierra huincha y circulares, la máquina alternativa es compleja en su construcción y sus indicadores técnicos son rígidos, por lo que en su elección se debe tener precaución de no subestimar o sobredimensionar sus parámetros. Los indicadores técnicos que definen a éste tipo de máquinas son los siguientes:



1.- Ancho del marco

El más importante de los indicadores es el diámetro máximo de las trozas a procesar. La relación entre el ancho del marco y el diámetro mayor de la troza que se puede aserrear se determina por:

$$B = D + 2 a$$

donde:

B = ancho del marco (m)

D = diámetro mayor de la troza (m)

a = distancia de reserva para curvaturas y defectos nudosos que pudiera tener el rollizo.

$$a = 0,05 \text{ (m)}$$

El ancho del marco varía entre 350 y 1.500 mm, dependiendo de él casi todos los restantes indicadores de la máquina, tales como altura y carrera del marco, potencia, revoluciones, etc.

2.- Carrera del marco

Representa el camino que recorre el marco, desde un punto muerto inferior. Depende del radio de la excéntrica y se determina por la fórmula:

$$H = 2 * R$$

donde:

R = radio de la excéntrica (m)

En cierta forma, la carrera y el ancho determinan la máxima altura de corte y por consiguiente el diámetro máximo de la troza a aserrear. Influye sobre la velocidad de corte, la magnitud del avance y otros parámetros del proceso de corte. En las máquinas modernas, la carrera del marco varía entre 300 y 700 mm, aunque estudios contemporáneos han demostrado que la carrera ideal del marco es alrededor de 700 mm. En la actualidad, las más utilizadas son entre 500 y 600 mm.



3.- Altura del marco

Representa la distancia medida entre los lados internos de las paralelas transversales del marco. Determina el largo de las sierras y depende del ancho y carrera del marco. Se determina por:

$$L = B + H + A + E \text{ (m)}$$

donde:

A y E : distancias consideradas para apretar las sierras y modelo.
Como se muestra en la Figura 33, las dimensiones A y E, se componen de tres partes:

$$E = e_1 + e_2 + e_3$$

$$A = a_1 + a_2 + a_3$$

donde:

e_1 = distancia entre el transversal superior y el modelo superior.

e_1 = 75 mm

e_2 = ancho del modelo superior

e_2 = 50 mm

e_3 = distancia del modelo superior a los primeros dientes que participan en el corte.

e_3 = 75 mm

a_1 = distancia entre el modelo inferior y el transversal inferior.

a_1 = 115 mm

a_2 = ancho del modelo inferior

a_2 = 50 mm



a_3 = distancia entre el modelo inferior y la tangente superior a los rodillos de alimentación en la posición superior del marco.

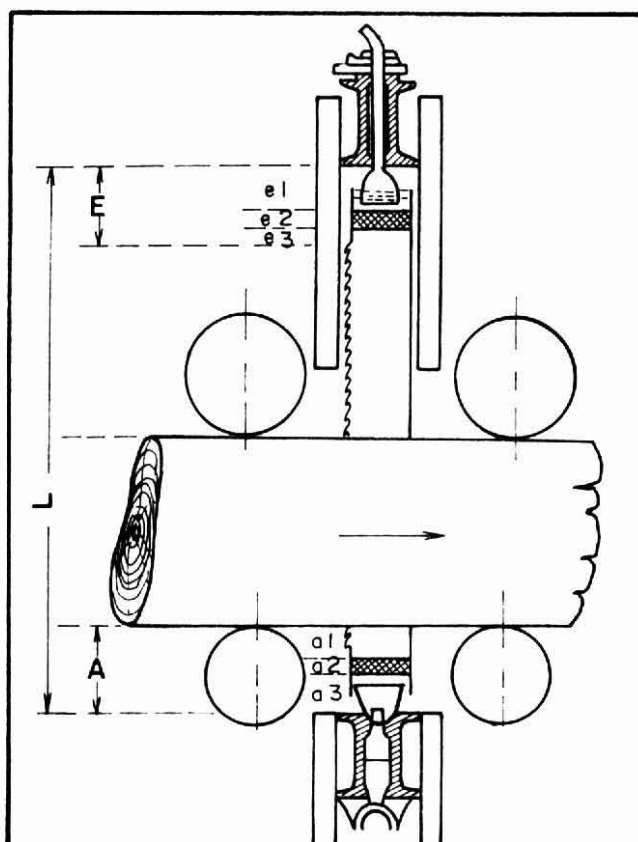
a_3 = 75 mm

Si se consideran los valores recomendados a las dimensiones A y E, para el alto del marco, se obtiene:

$$L = B + H + 0,440 \text{ (m)}$$

FIGURA 33

ALTURA DEL MARCO (L) DE LA SIERRA ALTERNATIVA



4.- Revoluciones del eje

Son un importante indicador técnico, ya que influyen directamente sobre la velocidad de corte, la magnitud de las fuerzas de inercia y productividad de la sierra alternativa. Los límites en que varían las revoluciones son grandes, desde 200 a 450 r.p.m. De las alternativas que tengan los mismos indicadores técnicos, se deben preferir aquellas que posean un mayor número de revoluciones (n), ya que tendrán mayor productividad.

5.- Velocidad de corte

En un indicador técnico que relaciona la carrera del marco con el número de revoluciones. Se calcula por:

$$V_c = 2 * H * n \text{ (m/seg)}$$

donde:

$$V_c = \text{velocidad de corte (m/seg)}$$

Se sabe que cuanto más alta sea la velocidad de corte, de mayor calidad será la terminación de la superficie de las piezas aserradas. Es por eso, que en la elección de la alternativa, uno de los factores a considerar es que posean una mayor velocidad de corte.

6.- Magnitud de avance

Como indicador técnico, representa las posibilidades de producción de la máquina. Su cálculo se representa por la fórmula general:

$$U = \Delta * n \text{ (m/min)}$$

donde:

$$U = \text{velocidad de avance (m/min)}$$

$$\Delta = \text{avance por revolución (m)}$$

$$n = \text{revoluciones del eje principal (m/min)}$$

El avance por revolución tiene gran variabilidad en el cálculo, dependiendo de la potencia disponible, de los parámetros de la sierra, de la carrera del marco y de la calidad del corte. Agrupando todos estos factores, se ha propuesto una tabla (Cuadro 12) para el avance por revolución, dependiendo de los diámetros de



las trozas. Esta se puede utilizar sólo como referencia práctica de verificación del avance.

CUADRO 12

AVANCE POR REVOLUCION PARA UNA CARRERA DEL MARCO DE H= 600 mm

Espesor de la basa (mm)	Δ para aserrear la basa	Diámetro menor de la troza (cm)																	
		14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
		Avance por revolución (mm)																	
0	-	44	41	37	34	31	28	26	25	22	21	20	20	18	18	16	16	15	14,6
100	44	44	44	42	37	34	31	28	26	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14,8
120	44	-	44	44	39	35	32	29	27	24	22	21	20	19	18	17	16	15	15
140	44	-	-	47	42	37	33	30	28	25	23	22	21	20	19	17	16	16	15
160	44	-	-	-	44	40	35	32	29	25	24	22	21	20	19	18	17	16	15
180	43	-	-	-	-	44	38	34	31	26	24	23	21	20	19	18	17	16	15,5
200	39	-	-	-	-	-	44	37	33	28	26	24	22	21	20	18	17	17	16
220	35	-	-	-	-	-	-	41	35	29	27	25	23	22	20	19	18	17	16
240	32	-	-	-	-	-	-	-	39	32	28	26	24	22	21	19	18	17	16,5
260	30	-	-	-	-	-	-	-	-	35	31	28	26	24	22	20	19	18	16,5

Para clarificar el Cuadro 12, se realizará el siguiente ejemplo:

Determinar el avance al cual debe trabajar la máquina alternativa, para aserrear rollizos de 280 mm de diámetro en una sola pasada y basas de 180 mm. Se sabe que la máquina tiene 550 mm de carrera de marco y 300 r.p.m. (n/mm)

Desarrollo del ejemplo:

1.- Si el plan de corte es obtener varias piezas de un mismo espesor, se ve en la línea cero bajo el diámetro de la troza 28 cm el valor de $\Delta : \Delta_1 = 25$ mm

2.- Si el plan de corte es obtener una pieza central de mayor espesor, una basa de 180 mm, se ve en la línea de 180 mm y bajo el diámetro 28 cm el valor de $\Delta : \Delta_2 = 31$ mm



3.- Si se aserrea la basa de 180 mm en piezas menores, se ve directamente en la columna espesor de la basa 180 mm, el valor inmediato $\Delta : \Delta_3 = 43 \text{ mm}$

Como el ejemplo dice que $H = 550 \text{ mm}$ y la tabla está dada para $H = 600 \text{ mm}$, se debe corregir los valores determinados por un factor de corrección K ;

$$K = \frac{H \text{ máquina}}{H \text{ tabla}} = \frac{550}{600} = 0,92 \text{ mm}$$

Luego:

$$\Delta_1 \text{ real} = \Delta_1 * 0,92 = 23 \text{ mm}$$

$$\Delta_2 \text{ real} = \Delta_2 * 0,92 = 28,5 \text{ mm}$$

$$\Delta_3 \text{ real} = \Delta_3 * 0,92 = 39,6 \text{ mm}$$

Respuesta:

Para los distintos casos, las velocidades de avance que debe dar la máquina serán:

$$U_1 = \Delta_1 \text{ real} * n = 0,023 * 300 = 7 \text{ m/min}$$

$$U_2 = \Delta_2 \text{ real} * n = 0,0285 * 300 = 8,6 \text{ m/min}$$

$$U_3 = \Delta_3 \text{ real} * n = 0,0396 * 300 = 11,9 \text{ m/min}$$

6.3.3.4. Criterios para seleccionar una sierra alternativa

Los criterios que, en general, son necesarios tomar en cuenta para seleccionar una sierra alternativa, son los siguientes:

- gran simplicidad del proceso
- excelente terminación y exactitud en los espesores de la madera.
- gran producción por el número de cortes que puede realizar
- no precisa de personal calificado para su operación
- fácil de combinar con otros tipos de sierra en el proceso de aserrió
- cuando se instalan en serie la velocidad es mayor por sierra, debido al pre-corte que ejecuta la primera sierra

la mayor eficiencia se logra con trozos de diámetros superiores a 30 cms.



VII MAQUINARIA ANEXA

7.1. Astillado

7.1.1 Importancia

La organización de la producción de astillas como una industria autónoma o como rubro complementario del aserrado, se desarrolla con dos fines:

- a) El aprovechamiento de trozas con diámetros reducidos o con defectos que las desclasifican para ser aserradas o para ser transformadas en chapas.
- b) El aprovechamiento de madera que normalmente constituye residuos de un aserradero tales como lampazos, cantos, despuntes.

Generalizando, aproximadamente un 50% de la madera en trozas se transforma en madera aserrada y otra mitad corresponde a corteza, aserrín, lampazos y despuntes producidos durante el aserrado, los que pueden ser considerados como residuos.

Cuando estos dos últimos residuos se transforman en astillas, el aprovechamiento de la madera se mejora en un 25 a 30 % adicional. En el caso de un aserradero con un elevado consumo anual de trozas, el aprovechamiento adicional que incorpora la producción de astillas, puede ser el elemento decisivo para obtener beneficios. De ahí que en las instalaciones modernas de aserraderos, el equipo necesario para aprovechar los residuos se ha hecho un elemento tan normal como la sierra tradicional.

7.1.2. Equipos principales

El astillador es el equipo requerido para realizar la transformación de residuos en astillas pulpables o combustibles. El astillado con fines pulpables, a partir de madera o productos secundarios de aserraderos, normalmente se lleva a cabo con astilladores de disco, aunque también se utilizan en cierta proporción los astilladores de tambor.

a) Astillador de disco

Básicamente el astillador consiste de una carcaza de acero, que contiene un gran disco rotatorio, también de acero, en el cual

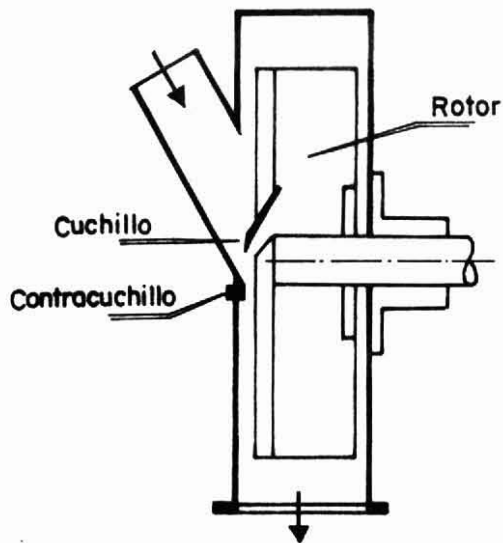


se montan radialmente unos cuchillos ajustables (entre 2 y 15). La madera se alimenta a través de una boca o canal, de modo que choque contra el disco en un ángulo aproximado de 45° , con lo que en forma rápida se reduce a astillas de un largo variable, según el tipo de astillador. (Figura 34).

Con este equipo, la calidad de las astillas es generalmente mejor que con otras técnicas alternativas, gracias al corte inclinado y a la fácil graduación de la forma y tamaño de la astilla y escaso daño de las fibras. El ángulo de choque antes descrito es variable con los modelos y se puede modificar para cambiar la calidad de las astillas producidas. Además, gracias a la ventajosa dirección de corte, el gasto energético es menor que con otros sistemas.

FIGURA 34

ASTILLADOR DE DISCO



El tamaño de los astilladores es muy variable, desde aquellos muy grandes que pueden procesar trozas de hasta el tamaño de un árbol, hasta unidades muy pequeñas para astillar residuos industriales. Un tipo de astillador comúnmente empleado, tanto para rollizos como para desechos, tiene un disco entre 1,3 y 3 m de diámetro con 4, 6, 8 o hasta 15 cuchillos. Por lo general, la potencia oscila entre 100 y 1500 hp (75 y 1120 Kw).

Los astilladores para madera de dimensiones menores, tapas o cantos, generalmente tienen discos más pequeños operados a mayores velocidades, los cuales normalmente poseen entre 3 y 6 cuchillos. Estos pueden producir del orden de 13.500 Kg/hora de astillas verdes.

Algunas de las marcas disponibles en el mercado mundial, son las siguientes:

- Astilladores de disco estacionarios: Bruks y Kockums (ambas de Suecia), Nicholson, Fulghum y Precisión (EE.UU), Ahlström (Finlandia), Klöckner (Alemania) y Forano (Italia).
- Astilladores de disco portátiles: Bruks, Carthege (EE.UU), Ahlström y AST (ambas de Finlandia), Silvac (Francia), Klöckner (Alemania) y Forano (Italia).

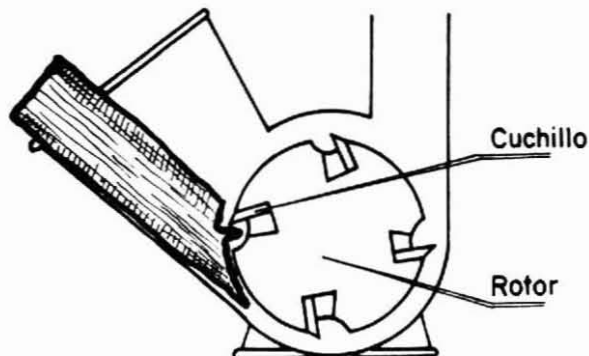
En el Cuadro 13 se detallan las características técnicas de algunos modelos de astilladores disponibles en el mercado.

b) Astillador de tambor

Este equipo consiste en un cilindro o tambor, donde se montan normalmente 4 cuchillos en posición tangencial. La madera se lleva hacia el rotor a través de una boca de entrada, según se advierte en la Figura 35. Un contracuchillo ubicado cerca del límite del giro del tambor da la posición de la madera y fija el tamaño de las astillas.

FIGURA 35

ASTILLADOR DE TAMBOR



CUADRO 13

CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE ALGUNOS TIPOS DE ASTILLADORES DE DISCO DISPONIBLES EN EL MERCADO

TIPO DE ASTILLADOR	MATERIAL A ASTILLAR	MARCA	MODELO	CAPACIDAD 3 (m ³ /h)	POTENCIA (K) W	LARGO DE ASTILLAS (mm)
De disco	Desechos de aserrio	Bruks	1300 M	30	35 a 55	15 a 30
De disco	Desechos de aserrio	Bruks	1500 M	50	45 a 75	15 a 30
De disco	Desechos de aserrio	Bruks	1701 M	100	75 a 150	14 a 30
De disco	Desechos de aserrio	Bruks	2100 M	250	100 a 300	15 a 30
De disco	Desechos de aserrio	Bruks	2280 M	75	150 a 300	75 a 300
De disco	Desechos de aserrio	Bruks	3250 M	500	300 a 1000	15 a 35
De disco	Trozaz y desechos de aserrio	Forano	58	110	95 a 185	No indica
De disco	Trozaz y desechos de aserrio	Forano	66	145	150 a 300	No indica
De disco	Trozaz y desechos de aserrio	Forano	75	235	225 a 375	No indica
De disco	Trozaz y desechos de aserrio	Forano	84	265	450 a 745	No indica
De disco	Trozaz y desechos de aserrio	Forano	96	360	520 a 895	No indica
De disco	Trozaz y desechos de aserrio	Forano	48	25 y 75 (*)	95 a 110	20
De disco	Trozaz y desechos de aserrio	Forano	56	30 y 85 (*)	110 a 185	20
Móvil de disco	Arboles y desechos de aserrio	Bruks	980 M	25	80	No indica
Móvil de disco	Arboles y desechos de aserrio	Bruks	1300 M	30	No indica	No indica

FUENTE : Diversos catálogos.

NOTA : (*) El primer valor corresponde a desechos de aserrio y el segundo a trozas.

Aunque esta técnica se usa también en astilladores móviles, la aplicación más frecuente es en máquinas estacionarias. En general, estos equipos trabajan con volúmenes importantes de madera, en plantas de pulpa y papel, de paneles o en aserraderos grandes. Se emplean bastante para reducir rodela y recortes. El rendimiento es mucho mayor que el logrado con astilladores de disco. Sin embargo, generalmente requieren de un sistema neumático para extraer las astillas. La calidad de las mismas es algo inferior que la lograda con astilladores de disco.

Los astilladores de tambor varían entre 0,9 y 1,5 m de diámetro, normalmente giran entre 100 y 200 rpm y procesan entre 9.000 y 18.000 Kg/h de astillas verdes. El reastillado se efectúa por reciclado o en molinos de martillo.

Algunas de las marcas disponibles en el mercado mundial son las siguientes:

- Astilladores de tambor estacionarios: Klöckner, Maier, Pallmann y Vecoplan (Alemania).

Astilladores de tambor portátiles: Lokomo (Finlandia), Mitts and Merriel (EE.UU) y Pöttinger (Austria).

7.1.3. Consideraciones para seleccionar un astillador

Debido a la amplia gama de astilladores que actualmente se ofrecen en el mercado mundial, es conveniente para el industrial hacer un análisis detallado, con el objetivo de elegir el modelo más apropiado según sus necesidades particulares.

A continuación se presenta una guía general de las variables principales a considerar, con el fin de ayudar a esta selección.

a) Tipo de astillas requeridas

- Forma
- Dimensiones y rangos aceptables

b) Tipo de materia prima

- Especie
- Si se trata de trozas, considerar el promedio y el máximo de las dimensiones en largo y diámetro y su rectitud.



- Si se trata de desechos de aserrío, considerar sus dimensiones y forma.
 - Humedad de la materia prima (seca y/o verde).
- c) Capacidad de producción requerida promedio y máximo (m^3/h) o (kg/h).
- d) Características de los equipos
- Tamaño y peso
 - Portátil o estacionario
 - Simplicidad
 - Precisión
 - Vibración y ruido
 - Problema de mantenimiento
- e) Factores energéticos
- Potencia requerida
 - Fuentes posibles de energía
 - Consumo por unidad producida

En términos generales, existen diversos aspectos de importancia en la selección y operación de los astilladores:

- El equipo debe ser específicamente apropiado para el trabajo a desempeñar; debe ser de una capacidad suficiente para operar con las dimensiones y volúmenes de materia prima a procesar.
- Es común observar en los aserraderos el empleo de un astillador para procesar desde pequeños residuos hasta grandes trozas; cuando sea económicamente conveniente, es deseable contar con dos equipos diferentes, para evitar una baja calidad de astillas con alta proporción tanto de pedazos mayores como de finos.
- No se debe sobrealimentar al astillador: una alimentación adecuada y constante producirá una calidad uniforme del producto. Se debe tener presente que el principal objetivo



es obtener astillas de tamaño uniforme, lo cual es básico para lograr una penetración adecuada del licor de cocción, evitando tanto una cocción insuficiente como exagerada de las astillas en el proceso de fabricación de celulosa.

- Por último, es importante usar detectores de metales, debido al grave daño que éstos causan en la maquinaria.

7.2. Sistema de extracción de productos secundarios

7.2.1. Transporte de desechos astillables

El transporte de los desechos astillables desde las diferentes máquinas hasta el astillador, se realiza en la mayoría de los aserraderos mediante el sistema de cintas o bandas sinfín.

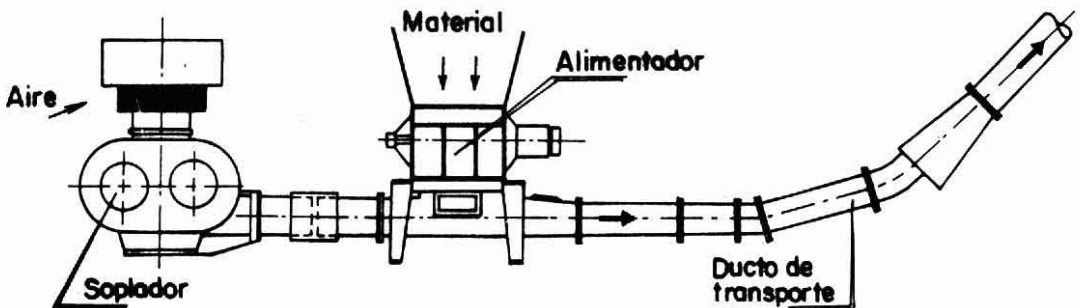
Como se mencionó, es indispensable emplear el detector de metales, el cual detiene automáticamente el astillador al existir algún elemento metálico extraño junto a los desechos astillables, protegiendo las valiosas partes internas de la máquina.

7.2.2. Transporte de astillas y aserrín

El método más utilizado para el transporte de astillas y aserrín, es el transporte neumático, el cual puede describirse como método de bombeo de partículas sólidas a través de ductos. El medio de transporte es aire comprimido por sopladores y el material se introduce a la corriente de aire mediante un alimentador rotatorio (Figura 36).

FIGURA 36

ESQUEMA DEL TRANSPORTE NEUMATICO

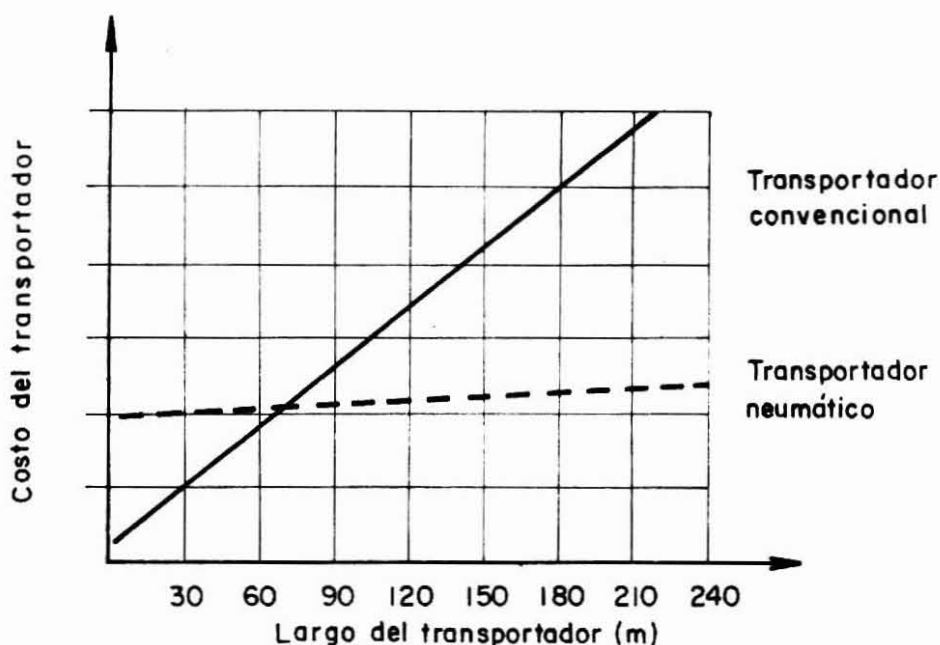


El transporte neumático se usa para diferentes materiales, en recorridos horizontales desde 1 a 600 m y para capacidades de 1 a 350 ton/h. La velocidad de transporte de material es muy alta: hasta de 40 m/seg. Las principales ventajas de este sistema de manejo de materiales son: flexibilidad, bajos requerimientos de mantención y facilidad de instalación. Una de las principales desventajas, es su elevado consumo de potencia. En los aserraderos se usan normalmente motores entre 500 y 1.000 HP.

En el Gráfico 1 se muestran los rangos de distancia de transporte, para los cuales conviene utilizar tanto el transportador neumático como el convencional, de acuerdo al costo de instalación de los mismos.

GRAFICO 1

COSTOS DE INSTALACION DE TRANSPORTADOR NEUMATICO Y CONVENCIONAL DE BANDA PARA DIFERENTES DISTANCIAS



FUENTE: FAO, 1973 (11)

VIII BAÑO ANTIMANCHA Y MESA DE CLASIFICACION

8.1 Baño antimancha

En todo el mundo se conoce ampliamente el problema que significa la mancha en la madera, ya que su presencia origina una pérdida del valor de ésta: La mancha crea dificultades cuando se le exige a la madera una buena presentación final, como es el caso de muebles, revestimientos y, en general, todas aquellas aplicaciones en las cuales no se usan pinturas para recubrirla.

La mancha se manifiesta por una marcada coloración de la madera en tonos azul, gris, verde o café, o por un oscurecimiento del color natural. De todas, la más común es la mancha azul, causada principalmente por la especie de hongo "Ascomicetes". La mayoría de las maderas puede sufrir esta alteración, siendo crítica en Pino radiata, Pino araucaria, Tapa, Laurel, Olivillo y otras. La madera aserrada de Pino radiata es la que experimenta con mayor frecuencia e intensidad el ataque de la mancha, lo cual ocasiona grandes pérdidas por desclasificación, limitando sus posibilidades de comercialización.

8.1.1. Factores que influyen en el desarrollo de la mancha

Existen básicamente tres factores que determinan el desarrollo de la mancha, éstos son: temperatura, humedad y presencia de oxígeno.

- Temperatura

Los límites de temperatura en los cuales se desarrolla el hongo mancha son entre 5 y 35°C. Esto posibilita que la mancha azul se desarrolle durante todo el año a lo largo del país. Sin embargo, la mayor intensidad del ataque se produce en las zonas sur y austral, en los meses de primavera y verano.

Los hongos de la mancha azul son más sensibles a las temperaturas altas que a las bajas. Las experiencias demuestran que la exposición prolongada durante varios días a temperaturas superiores al máximo tolerada, mata los micelios que causan la mancha.



El secado artificial de la madera aserrada es un buen sistema para evitar la aparición de la mancha durante el transporte y almacenaje.

- Humedad y presencia de oxígeno

Ambos factores se consideran juntos. La mancha azul rara vez se propaga en un árbol en crecimiento, debido a la elevada humedad de la albura, la cual disminuye la presencia de oxígeno en las células, destruyendo los hongos que no resisten condiciones anaeróbicas.

Los hongos de la mancha azul crecen en un amplio rango de humedades, que exceda de 18 a 20%, siempre y cuando haya presencia de oxígeno.

El secado lento de las maderas susceptibles al ataque, proporciona una condición muy favorable para la propagación de la mancha.

8.1.2. Medidas para la prevención de la mancha

- Control de la mancha en las trozas

Las medidas para evitar el ataque en las trozas varían principalmente en relación con la temperatura en la época de volteo, trozado y retiro de la madera del bosque.

En todo los casos, e independientemente de la estación anual en que se realice el volteo, es necesario que las trozas no se descortecen hasta el momento de aserrearlas.

Para evitar la mancha azul en maderas nativas, trozadas durante el invierno, y que deben quedar varios meses en el bosque, es preciso tratarlas con productos antimanchas dentro de las 24 horas siguientes al volteo y trozado.

Para el caso de trozas que se retiran rápidamente del bosque, pero que antes de su aserrió permanecen almacenadas por períodos prolongados, se deben adoptar las precauciones indicadas en el Capítulo III.

- Control de la mancha en la madera aserrada

Cuando se aserrea madera verde, se exponen grandes superficies de albura húmeda, susceptible al ataque de hongos. Si se requiere almacenar esta madera sin someterla a secado, resulta imprescindible un tratamiento con compuestos químicos tóxicos lo antes posible después del aserrió, para prevenir al menos temporalmente el desarrollo de la mancha azul.

Debe tenerse en cuenta, que el tratamiento antimancha resulta estéril si los hongos ya han penetrado en la madera. Una vez manchada, no puede volver a su color original.

8.1.3. Forma de empleo de los antimanchas

Generalmente, en el baño antimancha que se aplica a la madera de pino, se utiliza el preservante hidrosoluble pentaclorofenato de sodio, especialmente efectivo en el control de la mancha azul y hongos en general. El compuesto es soluble en agua y alcoholes; debido a esta característica de solubilidad en agua, es poco indicado para tratar madera que va a estar en contacto con el suelo. Las concentraciones utilizadas comúnmente oscilan entre 1 y 2%.

Es aconsejable reforzar la acción del pentaclorofenato mediante la adición de bórax. En general, se recomienda el uso de soluciones integradas por 4,8 a 6.0 kg de pentaclorofenato de sodio, más 14 a 18 kg de bórax en 1 m³ de agua pura sin mayor contenido de sales. El bórax, aparte de sus propiedades antimanchas e ignífugas, regula el pH de la solución, evitando la precipitación del pentaclorofenato de sodio y la respectiva pérdida de su poder fungicida.

Se estima que la absorción mínima de preservante para piezas aserradas de pino sometidas a baño, es de 0,005 kg/m².

La principal desventaja del compuesto de sales de pentaclorofenol, es su alta toxicidad, lo cual dificulta su manipulación.

8.1.4. Sistemas de tratamiento antimancha

El hecho que todos los sistemas de tratamiento antimancha otorguen sólo una protección temporal a la madera, implica necesariamente que los equipos para efectuarlo sean de bajo costo. Estos equipos dependen en gran medida de la productividad del aserradero.



Los métodos más comunes son: los de inmersión de las piezas en el líquido y los de rociado o aspersión. En todos ellos, el tratamiento es superficial.

a) Sistemas de inmersión

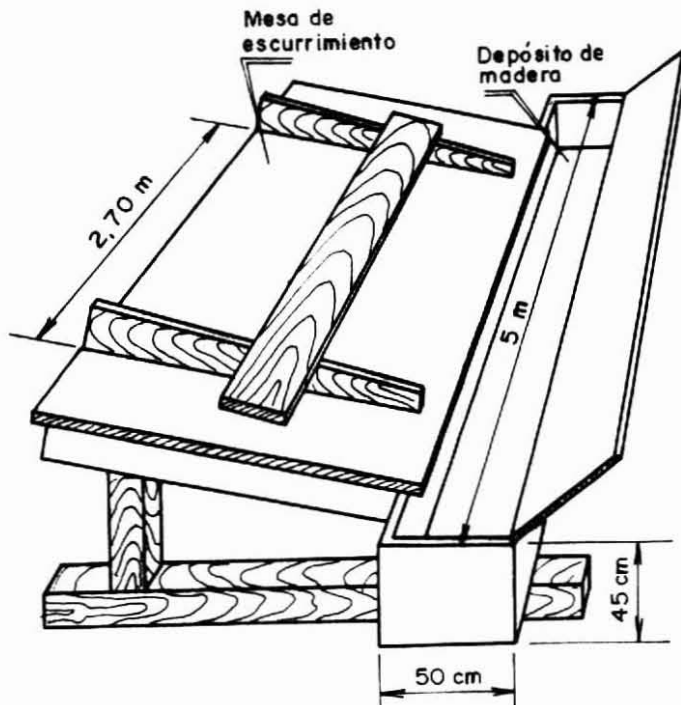
- Baño de inmersión manual (Figura 37)

Este método es adecuado para pequeños aserraderos. En general, en este tipo de baño manual, un hombre puede proteger hasta 12 m³ aserrados/día, en tablas de 25 mm de espesor.

Consiste en un depósito de madera de largo y profundidad suficiente para poder tratar las piezas mayores que se produzcan. El estanque puede fabricarse de madera de pino. Para la función que deben desempeñar tales depósitos, la madera es más apropiada que el acero o el concreto, por su menor costo. El sistema de trabajo consiste en sumergir la pieza en la solución durante alrededor de 10 segundos, retirándola luego y colocándola sobre una mesa de escurrimiento para recuperar el líquido sobrante.

FIGURA 37

BAÑO DE INMERSION MANUAL



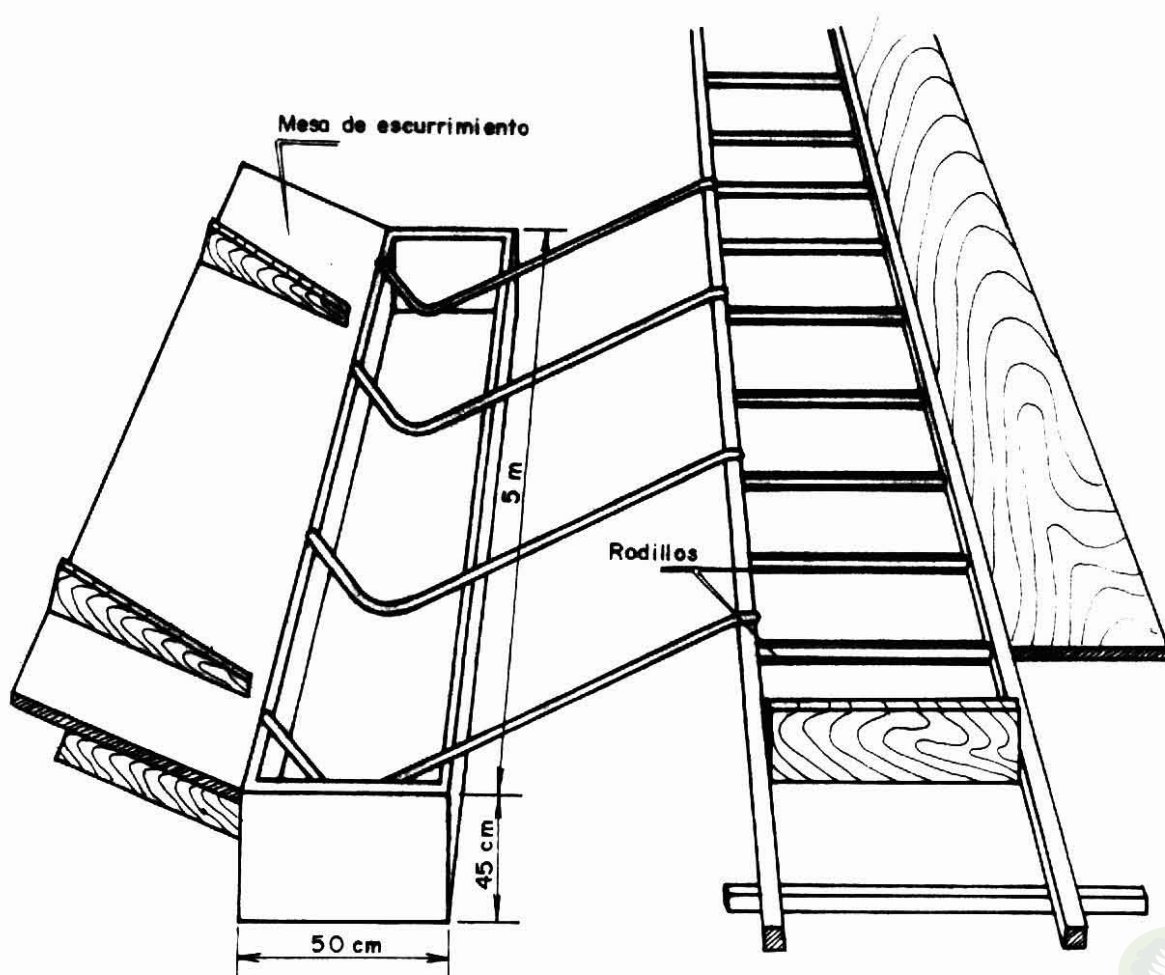
- Baño de inmersión semi-automático (Figura 38)

En algunos casos, este método se emplea en aserraderos con una alta producción.

Las piezas se deslizan sobre rodillos y caen al baño, siendo la inmersión automática. La extracción es manual y las tablas se van colocando en una mesa de escurrimiento. El fondo del estanque debe tener una ligera curvatura para que las piezas que se van sumergiendo empujan a su vez a las ya sumergidas, facilitando así su extracción.

FIGURA 38

BAÑO DE INMERSION SEMI-AUTOMATICO



- Baño de inmersión mecanizado (automático) (Figura 39)

Conviene recurrir a estos sistemas mecanizados cuando el aserradero es de producción mediana o grande, es decir, desde aproximadamente 40 m³ aserrados por día.

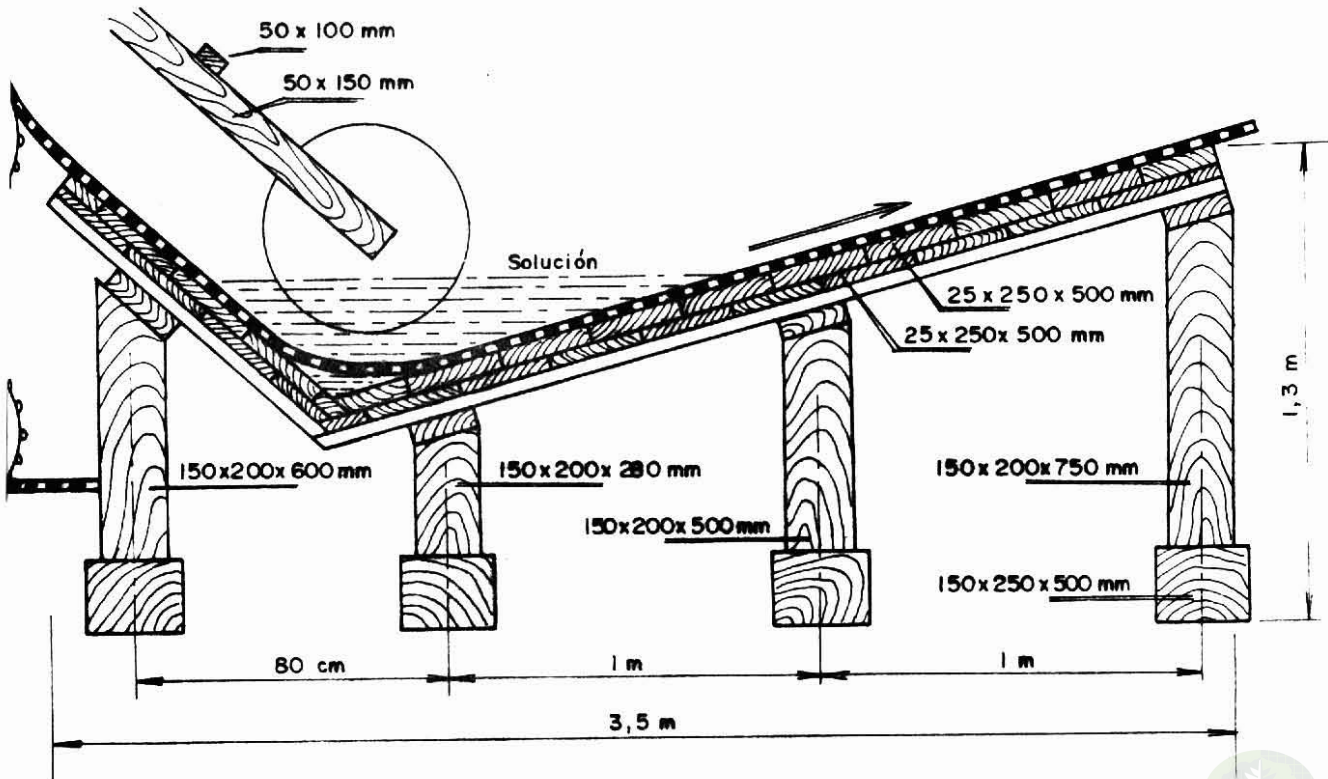
Este baño consiste en una batea poco profunda con el fondo en forma de V y de un estanque adicional, destinado a la preparación de la solución. El conjunto se completa con un dispositivo de ruedas o rodillos colgantes sobre el baño, para asegurar la total inmersión de las piezas que pasan por la solución, y mantener, además, la secuencia necesaria.

El depósito debe ser lo más pequeño posible y estar bajo techo para evitar que la solución se diluya por la lluvia. Debe limpiarse en forma periódica para retirar el aserrín que van dejando las piezas a su paso por el líquido. El estanque debe tener un drenaje lateral que permita vaciarlo con facilidad para eliminar los residuos.

La longitud del estanque y la velocidad de la cadena deben ajustarse para que la madera esté sumergida el tiempo suficiente a fin de asegurar un tratamiento efectivo (entre 10 y 15 segundos).

FIGURA 39

BAÑO DE INMERSION MECANIZADO



b) Sistema por aspersión (Figura 40)

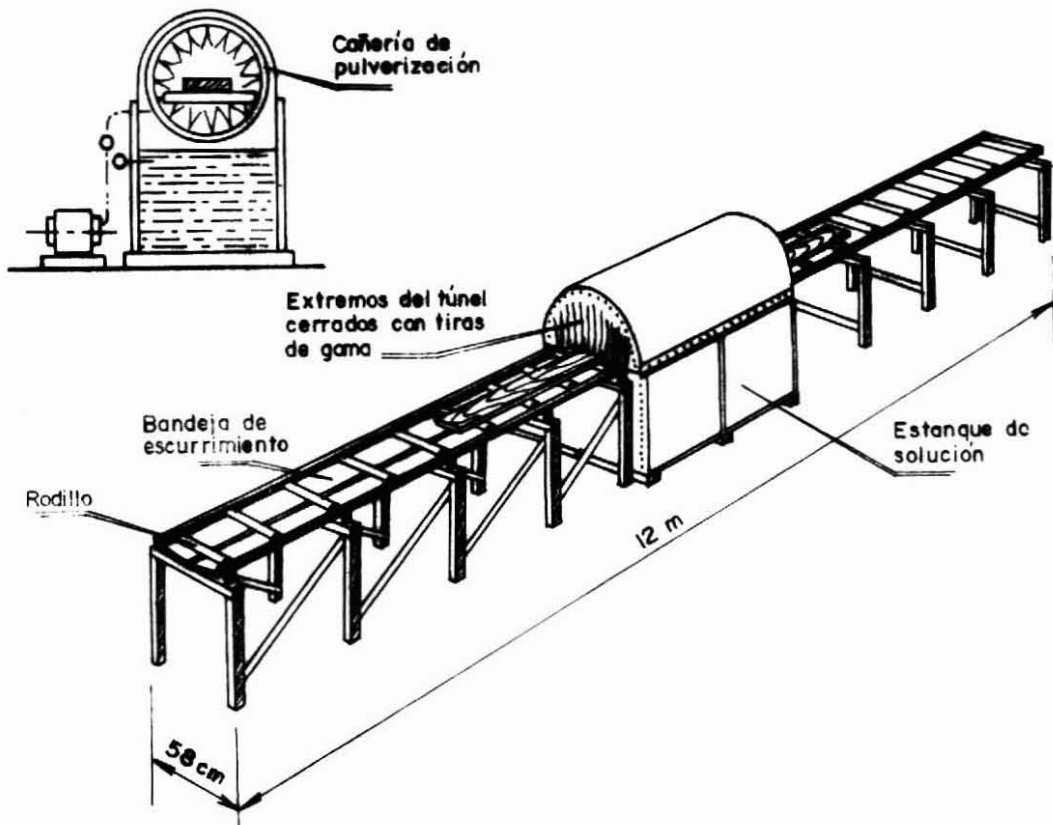
El sistema por aspersión se utiliza preferentemente en aserraderos de gran producción o en el caso que deban tratarse piezas de grandes dimensiones, y que no sea posible proteger por otros métodos. Consta de una cámara de rociado, un depósito para la solución y una bomba para recircular el líquido. La madera se desplaza a lo largo de la cámara, deslizándose sobre rodillos. La boquillas de pulverización están colocadas de tal manera que los chorros cubren las cuatro caras de la pieza.

Debe haber un drenaje adecuado para recuperar la solución sobrante y, además, filtros o estanque de decantación para mantener el sistema de recirculación libre de aserrín y residuos.

Es necesario tener presente que la solución empleada para el tratamiento debe poseer el doble de concentración que la requerida en el tratamiento de inmersión.

FIGURA 40

BAÑO ANTIMANCHA POR ASPERSION



8.1.5. Consideraciones económicas

El deterioro que sufre la madera por la acción de la mancha azul, ocasiona una apreciable disminución de su valor comercial. Si se comparan los costos que implica tal tratamiento con los beneficios que se obtienen, es indudable que estas ventajas compensan las pequeñas inversiones que se precisan.

- Cálculo del costo del tratamiento antimancha

La cantidad de preservante consumido depende de las dimensiones y humedad de la madera y del grado de penetración que se requiera.

Para el Pino radiata, la absorción media de solución de pentaclorofenato de sodio al 1% de concentración es, aproximadamente de 27 litros/m³. Esto es válido para piezas de 25 mm de espesor y un tiempo de inmersión de 10 segundos.

Los precios del pentaclorofenato y del borax son de \$1.370 por kg respectivamente (I.V.A. incluido), considerando moneda de Sept. de 1987 (Fuente: CORMA).

Los costos que se obtienen para tres concentraciones diferentes de uso común, considerando los precios indicados, se muestran en el Cuadro 14:

CUADRO 14

COSTOS DEL PRESERVANTE PARA TRATAMIENTO MANUAL

<u>Compuesto</u>	<u>Costo (\$/m³)</u>
- Pentaclorofenato de sodio al 1%	360
- Pentaclorofenato de sodio al 0,6% más borax al 1,8 %	279
- Borax	106

NOTA: Las concentraciones se refieren a kg de solvente por litro de solución.

Se considera una absorción promedio de preservante.

NOTA: Las concentraciones se refieren a kg de solvente por litro de solución.

Se considera una absorción promedio de preservante.

8.1.6. Precauciones para el manejo de preservantes

En general, los productos químicos para la protección de la madera son de alta toxicidad, con excepción del bórax.

La fuente más común de contaminación con pentaclorofenato de sodio y compuestos semejantes, es por absorción a través de la piel. Debido a ésto, es fundamental que los operadores estén premunidos de equipos protectores, tales como guantes, botas, overoles, delantales de goma, además de anteojos y mascarillas contra el polvo al preparar las soluciones. Un contacto prolongado con estas, en particular las concentradas, puede ser extremadamente peligroso.

8.1.7. Otras recomendaciones para el control de la mancha

Aún cuando se empleen tratamientos efectivos, se deben tener presente las siguientes consideraciones para un efectivo control de la mancha azul:

- Tratar la madera lo más pronto posible después de aserrada. Más de 24 horas de demora permiten que los hongos infecten la madera, haciendo ineficaz el tratamiento.
- Las soluciones deben mantenerse a la concentración requerida. Conviene tener una provisión de solución al 10% (10 kg por 100 litros de agua), y ésta diluirla para tener las soluciones de tratamientos.
- La madera encastillada debe protegerse para evitar que la lluvia lixivie el compuesto antimancha. Cuando la madera sufra la acción de lluvias muy intensas, conviene pulverizarla con una solución al 2% de pentaclorofenato de sodio.
- Los separadores que se usan para encastillar la madera deben tratarse en la misma forma para evitar que se manchen y propaguen la infección.
- Para preparar las soluciones hay que usar agua limpia pura, potable, de preferencia de lluvia o de vertiente.
- Siempre debe usarse la concentración óptima para proteger la madera contra la mancha. Nunca demasiado alta, que signifique un gasto innecesario, o muy baja, que no sirva para el propósito.

- En la preparación de las soluciones, la disolución es mucho más rápida si se calienta el agua. El bórax es muy poco soluble en agua fría.
- Siempre deben seguirse las instrucciones del fabricante del producto.

8.2. Mesa de clasificación de la madera aserrada

El propósito de la clasificación de la madera es apilar las piezas aserradas, principalmente de acuerdo a sus dimensiones (espesor, ancho y largo) y/o de acuerdo a un mismo grado de calidad. Esto puede efectuarse para su comercialización como madera aserrada verde en bruto, para su cepillado y venta como tal o para su secado al horno, previo al cepillado o elaborado.

La mesa de clasificación es el sistema clásico empleado para clasificar la madera aserrada: es simple, efectivo, de bajo costo e intensivo en mano de obra. Normalmente consiste en una mesa de estructura de madera y/o metálica con cadenas, las cuales transportan las piezas a clasificar. Los operarios van extrayendo estas piezas según sus dimensiones y/o calidad, y apilándolas en castillos o bolsillos ubicados en uno o ambos lados de la mesa, con lo cual son más fácilmente manejables por medios mecánicos y transportables a la operación siguiente.

Por otra parte, a nivel mundial existe una gran cantidad de clasificadores mecánicos. Entre las principales variables que afectan el diseño y selección de un clasificador mecánico, para una determinada línea de producción o aserradero, se cuentan:

- Número de pedidos según espesor, ancho, largo y calidad.
- Especie (s), número de clasificaciones, manejabilidad y volumen.
- Uniformidad del flujo al clasificador.

Cualquiera que sea el sistema de clasificación de la madera aserrada, éste debe tener la capacidad de operar en las condiciones más adversas que se puedan presentar en la práctica, para evitar que se convierta en elemento de atascamiento de la producción, con la correspondiente pérdida económica.



IX CLASIFICACION Y ALMACENAMIENTO DE LA MADERA ASERRADA

9.1. Clasificación general de los sistemas de almacenamiento de la madera aserrada

La humedad es una de las variables más importantes a controlar en la madera almacenada, ya que los cambios de ella pueden ser la causa directa de desclasificación del producto.

Por lo general, durante el tiempo que transcurre entre la producción y el uso de la madera aserrada, ésta es frecuentemente almacenada. El almacenamiento puede ser:

- dentro del aserradero,
- durante el transporte terrestre y/o marítimo, etc.

A su vez, existen, fundamentalmente, dos alternativas para almacenar la madera aserrada:

- a la intemperie (Figura 41)
- en bodegas o cobertizos (Figura 42)

La conveniencia de usar uno u otro sistema, según el tipo de madera aserrada, se explica más adelante.



FIGURA 41

ALMACENAMIENTO DE MADERA ASERRADA AL AIRE

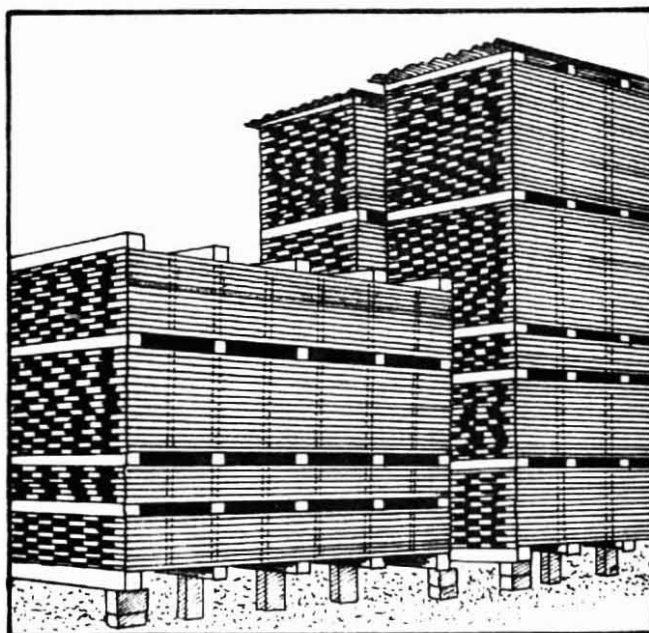
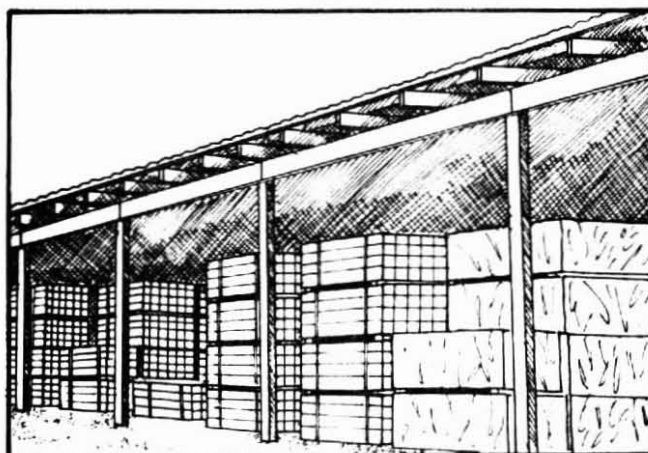


FIGURA 42

ALMACENAMIENTO DE MADERA ASERRADA EN BODEGA



9.2. Almacenamiento para secado al aire

En el país, una de las técnicas más usadas de almacenamiento, es el encastillado de la madera al aire. El fin de dicho encastillado, es el secado de la madera al aire libre, como también asegurar la calidad de ésta.

El proceso de secado natural depende de diversos factores tales como: movilidad del aire, temperatura ambiente, humedad relativa del aire, radiación solar, sistema de encastillado y sensibilidad de la madera a los defectos. A continuación se entregan algunas recomendaciones generales relacionadas con éstos puntos, con el fin de lograr un mejor secado al aire de la madera aserrada.

9.2.1. Movilidad del aire

Aspectos generales

El paso continuo de una corriente de aire, a una temperatura y humedad adecuadas, por entre las corridas de madera en un castillo, es lo que provoca una progresiva extracción de la humedad contenida en esa madera. Por lo tanto, se deduce la importancia de conjugar todos los elementos que permitan una circulación activa del aire entre las corridas de madera.

Esos elementos son:

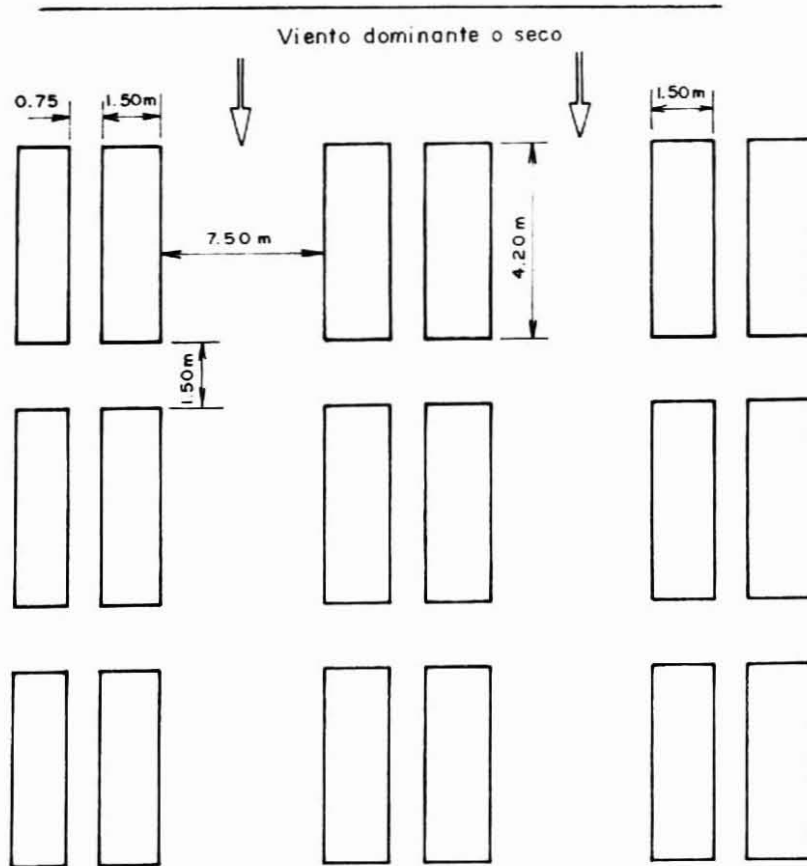
- Elegir como área de secado, una zona alta libre de edificaciones o de árboles que dificulten el movimiento del aire.
- Considerar las características locales del viento predominante, con tal de orientar el castillo para aprovechar al máximo el viento si éste favorece el secado, o evitarlo si se trata de un viento húmedo.
- Calles y pasajes

En general, conviene que la dirección de los vientos predominantes coincida con la de las calles principales. Otro aspecto importante, es que tanto las calles principales como las secundarias tengan la mayor continuidad posible, sin obstrucciones. (Figura 43)



FIGURA 43

DISPOSICION RECOMENDABLE DE LOS CASTILLOS PARA SECADO AL AIRE DE LA MADERA ASERRADA



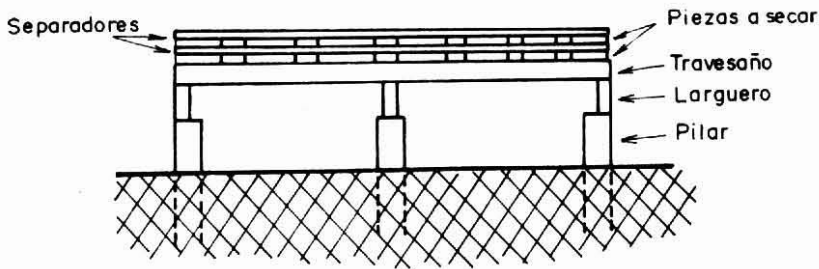
FUENTE: Tuset y Durán, s.f. (43)

- Espacio libre debajo de los castillos

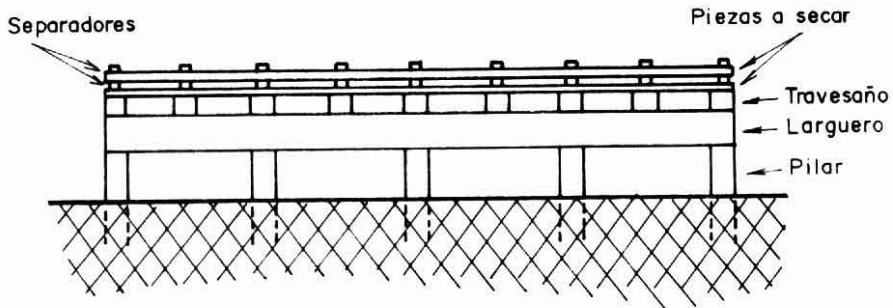
Si no hay circulación de aire en los niveles próximos al suelo, se acumula aire húmedo debajo de las pilas de madera y la velocidad de secado disminuye, al menos en las corridas inferiores del castillo. En consecuencia, para asegurar una buena renovación del aire en esa zona baja, se recomienda dejar un espacio libre desde la base del castillo hasta el suelo de 40 a 50 cm de altura, y mantener ese espacio sin malezas, restos de madera o cualquier otro impedimento de la circulación. (Figura 44).

FIGURA 44

**BASE DE CASTILLO PARA SECADO AL AIRE
DE LA MADERA ASERRADA**



Vista de frente



Vista lateral

- Cantidad y dimensiones de los separadores

La separación entre las corridas del castillo está determinada por la dimensión de los separadores, los cuales deben seleccionarse de acuerdo a ciertos criterios. Los separadores de gran espesor tienden a acelerar el proceso de secado; los de pequeño espesor tienden a demorarlo. En consecuencia, para maderas que soportan un secado rápido sin aparición de defectos o para madera que requieren secarse rápidamente y evitar la mancha azul, es conveniente usar separadores gruesos; en cambio, para aquellas maderas que deben secarse lentamente con el fin de evitar la aparición de defectos, será mejor emplear separadores finos.

Cuando en los castillos no se emplean separadores, se facilita enormemente el desarrollo de manchas, mohos y pudrición,

los cuales se desarrollan a temperaturas aproximadas entre 5 y 38°C, haciéndose más importantes para los valores más altos de este rango. Si por alguna razón no deseada, la madera debe permanecer apilada sin separadores durante mucho tiempo, se recomienda protegerla con un fungicida.

El ancho de los separadores debe regularse tomando en cuenta su influencia en dos sentidos. Por un lado, con un mayor ancho, se soporta mejor el peso de las corridas superiores y también se transmite mejor la presión de éstos o de los pesos colocados para controlar posibles alabeos, al mismo tiempo que se da más estabilidad al conjunto del castillo. Por otro lado, separadores demasiado anchos retardan el secado de las piezas y pueden provocar la aparición de mancha azul, de insectos taladradores o de pudrición incipiente.

En el Cuadro 15 se resumen las medidas recomendadas para separadores, considerando dos factores de variación: el espesor de las piezas a secar y el tiempo de secado que se desee conseguir, distinguiendo entre secado normal (aplicable a las maderas que no necesitan precauciones especiales) y secado lento (aplicable a la madera que pueden presentar defectos como grietas, alabeos y colapsos).

CUADRO 15

ANCHO Y ESPESOR RECOMENDADO PARA SEPARADORES

Espesor (e) de las piezas a secar (mm)	Secado normal (espesor x ancho)	Secado lento (espesor x ancho)
$e \leq 30$	20 a 25 * 40 mm	15 * 40 mm
30 $e \leq 50$	25 a 30 * 40 mm	20 * 40 mm
$e > 50$	30 * 50 mm	25 * 50 mm

FUENTE: Tuset y Durán, s.f. (43).

Además de elegir el espesor, es importante preocuparse de que todos los separadores a emplear sean uniformes.

Otro factor importante a considerar es la distancia entre los separadores. El criterio básico para decidir esto, se basa en el espesor de las piezas a secar (Cuadro 16).

CUADRO 16

DISTANCIA RECOMENDADA ENTRE SEPARADORES

Espesor (e) de las piezas a secar (mm)	Distancia entre separadores (cm)
$e < 25$	entre 30 y 35
$25 \leq e \leq 50$	entre 60 y 70
$50 < e$	entre 100 y 120

FUENTE: Tuset y Durán, s.f. (43).

También es importante considerar la distancia entre piezas. Cuando las piezas se ubican tocándose lateralmente entre sí, el aire circula en el castillo solamente a nivel horizontal. Cuando se deja algún espacio entre las piezas de cada corrida, además de esa circulación horizontal, se produce movimiento del aire hacia la parte inferior del castillo; cuanto mayor sea ese espacio entre pieza y pieza mejor será el volumen de aire que circule. Por lo tanto, la velocidad de secado aumenta cuando se deja una separación importante entre las piezas de cada corrida. En general, en el secado al aire se puede establecer como separación básica entre las piezas, $1/5$ del ancho de éstas.

Es frecuente encontrar la recomendación de dejar una o más chimeneas o ventilaciones verticales en los castillos, a veces sustituyendo los espacios parciales entre piezas y a veces agregándose a los mismos.

9.2.2. Otras consideraciones relativas al encastillado

- Dimensiones de los castillos

En general, la altura de los castillos debe ser considerable, para tener mayores velocidades del aire, y los anchos pequeños, para disminuir el efecto de saturación del aire al pasar a través de un castillo. Las dimensiones aproximadas, a menudo recomendadas son: entre 3 y 4 m de altura y entre 1,5 a 3 m de ancho.

Por otro lado, a continuación se entregan algunas recomendaciones de interés relativas a los pesos o tensores que deben existir en los castillos, así como características que son deseables para los techos de éstos.

- Pesos

El aserrado cada vez más creciente de madera juvenil y/o con problemas de tensiones, ha llevado a ensayar procedimientos que eviten la formación de alabeos durante el secado. Las corridas inferiores de los castillos reciben la presión de las superiores y esto basta para restringir los posibles alabeos generados. En cambio, las corridas superiores quedan libres, pudiendo producirse defectos tales como encorvadura, acanaladura, arqueadura y torcedura, especialmente en piezas de pequeño espesor. Una manera de prevenir esto, es colocando pesos sobre la corrida superior, los cuales pueden fabricarse de rieles en desuso, durmientes, elementos de hormigón, etc. Normalmente se recomiendan cargas que van desde 50 a 350 kg/m².

- Techos

Sobre los pesos o última corrida de piezas, es recomendable colocar un techo. Si bien se trata de un gasto adicional, sus beneficios se traducen en un acortamiento del tiempo de secado, al evitar el contacto con la lluvia, y por la disminución de defectos en las corridas superiores. Pueden haber diversas soluciones para construir el techo, tales como el empleo de tablas de baja calidad, láminas acanaladas de zinc, polietileno grueso, etc. Independiente del material, es importante tener presente los siguientes aspectos constructivos del techo (Figura 45):

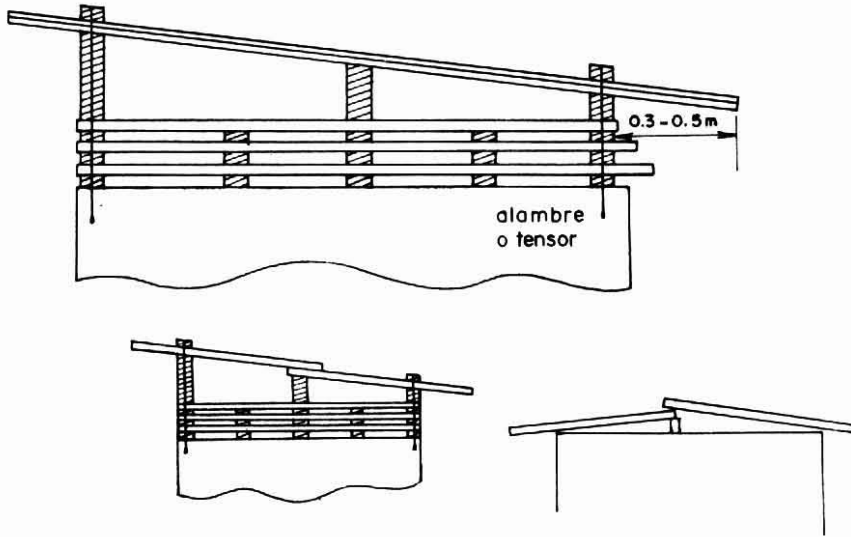
- Conviene que el techo sobresalga entre 30 y 50 cm en relación a las puntas de las piezas.



- El techo debe tener una pendiente de 10 a 15% y la orientación debe elegirse hacia el costado más conveniente en relación con la conservación de las calles principales.
- En general, conviene asegurar el castillo mediante tensores o alambres.

FIGURA 45

DIFERENTES ALTERNATIVAS DE TECHOS DE CASTILLOS



9.2.3. Efecto del clima sobre el almacenamiento de la madera aserrada

La humedad relativa, la temperatura del aire y la lluvia, son variables muy importantes que afectan el almacenamiento de la madera a la intemperie.

- Humedad relativa

Esta tiene un gran efecto sobre la humedad de equilibrio de la madera. Las estimaciones estacionales del contenido de humedad de equilibrio para una región determinada, son útiles para controlar cambios en la humedad de la madera almacenada a la intemperie.

Los métodos de almacenamiento para mantener bajos contenidos de humedad para madera seca, varían mucho entre regiones húmedas y secas. Del mismo modo, los requerimientos de almacenamiento pueden diferir mes a mes.

- Temperatura

Una mayor temperatura del aire acelera la difusión de humedad y así se incrementa la tasa de variación de humedad de la madera. Por lo tanto, si se requiere reducir las diferencias de humedad entre tablas dentro de un lote, es ventajoso el almacenamiento en un recinto con aire caliente. Sin embargo, como se explica en el Capítulo VIII, las altas temperaturas incrementan el ataque de hongos sobre la madera almacenada.

- Lluvia

Cuando la madera se almacena al aire libre con buena protección, la lluvia no afecta mayormente su contenido de humedad.

La madera apilada verde frecuentemente se almacena al aire desprotegida antes de apilarse para secado natural o artificial. Un pequeño humedecimiento de la madera verde no es considerado peligroso. Sin embargo, si la madera verde ha sido tratada con un fungicida para un almacenamiento prolongado o embarque, se necesita una protección contra la lluvia, ya que esta lixivia los compuestos químicos de las tablas expuestas.

La madera seca apilada debe protegerse de la lluvia, preferentemente en bodegas de almacenamiento. El proceso de volver a secar una madera apilada que se ha humedecido, es un problema. La madera que resulte completamente empapada debe ser apilada con separadores antes de volver a secarse; además el nuevo secado producirá mayores contracciones y daños a la madera. Por otro lado, el humedecimiento puede provocar manchas y pudrición.

9.3. Precauciones para la madera aserrada seca de calidad

Esta madera tiene exigencias muy precisas en cuanto a su contenido de humedad, especialmente aquella usada para fines estructurales, o en el interior de recintos calefaccionados. Se requiere tener mucha precaución con esta madera aserrada, para que no adquiera excesiva humedad durante su almacenamiento o transporte. Ella se puede proteger mejor de la humedad, cuando se almacena en paquetes cubiertos con plástico o con papel Kraft bajo



techo. Las bodegas cerradas ofrecen la mejor protección durante un tiempo prolongado de almacenamiento.

Durante el transporte, la madera aserrada de alta calidad puede protegerse de diversas maneras. Por una parte, los contenedores herméticos de los camiones o las bodegas secas de los barcos minimizan la ganancia de humedad. Por otra parte, los paquetes de madera expuestos a la intemperie durante el transporte, por ejemplo, sobre trailers o camiones abiertos, pueden protegerse temporalmente mediante envoltorios resistentes a la humedad. Estos envoltorios también pueden proteger la madera en los puntos de descarga o durante almacenamientos temporales en los centros de distribución.

