

Directores del capítulo  
*Paul Demers y Kay Teschke*

71

### Sumario

Perfil general <i>Paul Demers</i> .....	71.2
Principales sectores y procesos: riesgos profesionales y controles <i>Hugh Davies, Paul Demers, Timo Kauppinen y Kay Teschke</i> .....	71.4
Lesiones y enfermedades <i>Paul Demers</i> .....	71.10
Cuestiones ambientales y de salud pública <i>Kay Teschke y Anya Keefe</i> .....	71.11

## ● PERFIL GENERAL

*Paul Demers*

La industria maderera es una de las más importantes en todo el mundo dentro del ámbito del aprovechamiento de los recursos naturales. En la mayoría de los países se cortan árboles para diversos fines. Este capítulo se centra en la transformación de la madera para la producción de tableros de madera maciza y tableros manufacturados en serrerías y lugares afines. Se denominan *tableros manufacturados* los compuestos por elementos de madera de varios tamaños, desde chapas hasta fibras, que se mantienen unidos por medio de adhesivos químicos añadidos o por enlaces químicos "naturales". La Figura 71.1 ofrece datos de la producción mundial. Sobre la base de las diferencias entre los procesos aplicados y los riesgos asociados, se distinguen en los tableros manufacturados tres grandes categorías: tableros de contrachapado, tableros de partículas y tableros de fibra. Se agrupan bajo el término *tableros de partículas* los materiales laminares fabricados a partir de pequeños trozos de madera, como astillas, escamas, hebras o tiras, y bajo el término *tableros de fibra* los paneles fabricados con fibras de madera, incluidos los tableros duros, los tableros de fibras de densidad media (FDM) y los tableros aislantes. Aparte de la producción de tableros, el otro uso industrial importante de la madera es la fabricación de papel y productos relacionados, que se expone en el capítulo *Industria del papel y pasta de papel*.

La industria del aserrado ha existido en formas sencillas desde hace siglos, aunque ha sido estas últimas décadas cuando se han producido importantes avances tecnológicos con la introducción de la electricidad, la mejora en el diseño de las sierras y, más recientemente, la automatización de la clasificación y otras operaciones. También las técnicas básicas de fabricación de contrachapado se conocen desde hace muchos siglos, aunque el término *contrachapado* no vino a ser de uso común hasta el decenio de 1920 y su fabricación no adquirió importancia comercial hasta este siglo. Las industrias de fabricación de tableros manufacturados, incluidos los tableros de partículas, los de obleas, lo de hebras orientadas, los tableros aislantes, los de fibras de densidad media y los tableros duros, son todas ellas relativamente nuevas y sólo comenzaron a ser importantes desde el punto de vista comercial después de la segunda Guerra Mundial.

Los tableros manufacturados y de madera maciza pueden elaborarse a partir de una gran variedad de especies arbóreas. La elección se hace según la forma y el tamaño del árbol, las características físicas de la madera en sí, como su solidez o resistencia al deterioro, y sus propiedades estéticas. Se denomina madera dura la procedente de especies frondosas o de hojas anchas, clasificadas botánicamente como angiospermas, mientras que se conoce como madera blanda la que se obtiene de las coníferas o árboles de hojas aciculares, clasificados botánicamente como gimnospermas. Muchas maderas duras y algunas blandas que crecen en las regiones tropicales suelen recibir el nombre de maderas tropicales o exóticas. Aunque la mayoría de la madera cortada en todo el mundo (el 58 % del volumen) se obtiene de árboles no integrados en el grupo de las coníferas, gran parte de ella se consume como combustible, de modo que la mayoría de la que se destina a usos industriales (el 69 %) procede de coníferas (FAO, 1993). Esto puede reflejar en parte la distribución de los bosques en relación con el desarrollo industrial. Los mayores bosques de coníferas están emplazados en las regiones septentrionales de Norteamérica, Europa y Asia, mientras que los principales bosques de frondosas están situados tanto en regiones tropicales como templadas.

Tabla 71.1 • Estimación de la producción de madera en 1990 (miles de m<sup>3</sup>).

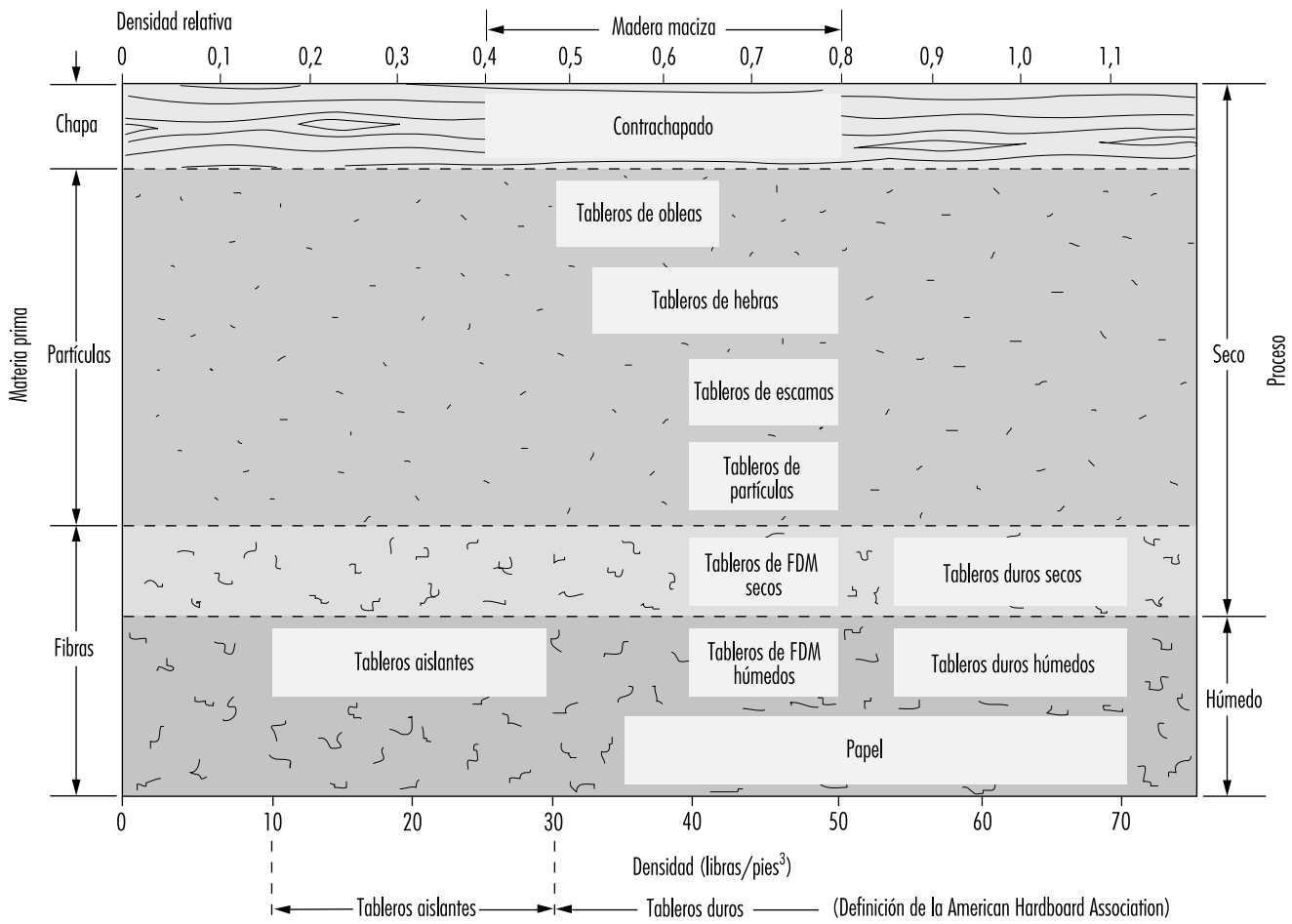
	Madera destinada a combustible o carbón vegetal	Total de madera destinada a usos industriales <sup>1</sup>	Troncos para el aserrado de chapa
<b>NORTEAMERICA</b>	137.450	613.790	408.174
Estados Unidos	82.900	426.900	249.200
Canadá	6.834	174.415	123.400
México	22.619	7.886	5.793
<b>EUROPA</b>	49.393	345.111	202.617
Alemania	4.366	80.341	21.655
Suecia	4.400	49.071	22.600
Finlandia	2.984	40.571	18.679
Francia	9.800	34.932	23.300
Austria	2.770	14.811	10.751
Noruega	549	10.898	5.322
Reino Unido	250	6.310	3.750
<b>ANTIGUA URSS</b>	81.100	304.300	137.300
<b>ASIA</b>	796.258	251.971	166.508
China	188.477	91.538	45.303
Malasia	6.902	40.388	39.066
Indonesia	136.615	29.315	26.199
Japón	103	29.300	18.377
India	238.268	24.420	18.350
<b>SUDAMERICA</b>	192.996	105.533	58.592
Brasil	150.826	74.478	37.968
Chile	6.374	12.060	7.401
Colombia	13.507	2.673	1.960
<b>AFRICA</b>	392.597	58.412	23.971
Suráfrica	7.000	13.008	5.193
Nigeria	90.882	7.868	5.589
Camerún	10.085	3.160	2.363
Costa de Marfil	8.509	2.903	2.146
<b>OCEANIA</b>	8.552	32.514	18.534
Australia	7.153	17.213	8.516
Nueva Zelanda	50	11.948	6.848
Papua-Nueva Guinea	5.533	2.655	2.480
<b>MUNDIAL</b>	1.658.297	1.711.629	935.668

<sup>1</sup> Incluye madera utilizada para obtener chapa, pasta, astillas, partículas y residuos.

Fuente: FAO 1993.

Casi todos los árboles destinados a la fabricación de productos y estructuras de madera se transforman primero en las serrerías. Por consiguiente, en todas las regiones del mundo donde se utiliza madera con fines industriales existen serrerías. La Tabla 71.1 presenta las estadísticas de 1990 relativas al volumen de madera cortada para combustible y usos industriales

Figura 71.1 • Clasificación de los tableros manufacturados por el tamaño de las partículas, la densidad y el tipo de proceso.



Fuente: Suchsland y Woodson, 1987.

en los principales países productores de cada continente, así como los volúmenes cortados en troncos para el aserrado de chapa, que es una subcategoría de madera industrial y constituye una materia prima para las industrias descritas en el presente capítulo. En los países desarrollados, la mayoría de la madera cortada se destina a usos industriales: se incluyen aquí los troncos para el aserrado de chapa, pasta de madera, astillas, partículas y residuos. En 1990, tres países —Estados Unidos, la antigua URSS y Canadá— produjeron más de la mitad del total de la madera industrial del mundo, así como más de la mitad de los troncos destinados a aserraderos de chapa. En cambio, en muchos de los países en desarrollo de Asia, África y Sudamérica, la mayoría de la madera cortada se utiliza para combustible.

La Tabla 71.2 indica los principales productores mundiales de madera maciza elaborada, contrachapado, tableros de partículas y tableros de fibra. Los tres mayores productores de madera industrial también representan en total más de la mitad de la producción mundial de tableros de madera maciza y se cuentan entre los cinco primeros en cada una de las categorías de tableros manufacturados. El volumen de tableros manufacturados en todo el mundo es relativamente pequeño en comparación con el de tableros de madera maciza, pero las industrias de tableros manufacturados crecen a mayor velocidad. Mientras que la producción de tableros de madera maciza aumentó un

13 % entre 1980 y 1990, los volúmenes de contrachapado, tableros de partículas y tableros de fibra crecieron el 21 %, 25 % y 19 % respectivamente.

La proporción de trabajadores de la población activa empleados en las industrias de productos de la madera es generalmente de un 1 % o menos, incluso en países con una gran industria forestal, como Estados Unidos (0,6 %), Canadá (0,9 %), Suecia (0,8 %), Finlandia (1,2 %), Malasia (0,4 %), Indonesia (1,4 %) y Brasil (0,4 %) (OIT, 1993). Aunque puede haber algunas serrerías situadas cerca de áreas urbanas, la mayoría tienden a situarse cerca de los bosques de los que obtienen sus troncos, y muchas se emplazan en comunidades pequeñas y a menudo aisladas, donde en ocasiones son la única fuente importante de empleo y el componente más importante de la economía local.

La industria maderera emplea a centenares de miles de trabajadores en todo el mundo, aunque resulta difícil calcular cifras exactas a escala internacional. En 1987 había en Estados Unidos 180.000 personas trabajando en serrerías y talleres de cepillado, 59.000 en la fabricación de contrachapado y 18.000 en la fabricación de tableros de partículas y de fibra (Oficina del Censo, 1987). En 1991 había en Canadá 68.400 personas trabajando en serrerías y talleres de cepillado y 8.500 en la fabricación de contrachapado (Statistics Canada, 1993). Aunque la

Tabla 71.2 • Estimación de la producción de madera por sectores en los 10 mayores productores del mundo (miles de m<sup>3</sup>).

Tableros de madera maciza		Tableros de contrachapado		Tableros de partículas		Tableros de fibras	
País	Volumen	País	Volumen	País	Volumen	País	Volumen
EE.UU.	109.800	EE.UU.	18.771	Alemania	7.109	EE.UU.	6.438
Antigua URSS	105.000	Indonesia	7.435	EE.UU.	6.877	Antigua URSS	4.160
Canadá	54.906	Japón	6.415	Antigua URSS	6.397	China	1.209
Japón	29.781	Canadá	1.971	Canadá	3.112	Japón	923
China	23.160	Antigua URSS	1.744	Italia	3.050	Canadá	774
India	17.460	Malasia	1.363	Francia	2.464	Brasil	698
Brasil	17.179	Brasil	1.300	Bélgica-Luxemburgo	2.222	Polonia	501
Alemania	14.726	China	1.272	España	1.790	Alemania	499
Suecia	12.018	Corea	1.124	Austria	1.529	Nueva Zelanda	443
Francia	10.960	Finlandia	643	Reino Unido	1.517	España	430
Mundial	505.468	Mundial	47.814	Mundial	50.388	Mundial	20.248

Fuente: FAO 1993.

producción de madera aumenta, el número de trabajadores de serrerías disminuye a consecuencia de la mecanización y la automatización. El número de trabajadores de serrerías y talleres de mecanizado en Estados Unidos era un 17 % mayor en 1977 que en 1987, y en Canadá era un 13 % mayor en 1986 que en 1991. Se han observado reducciones similares en otros países, como Suecia, donde se están eliminando las operaciones más pequeñas y menos eficientes en favor del trabajo en talleres de mucha mayor capacidad y provistos de modernos equipos. La mayoría de los puestos de trabajo eliminados correspondían a tareas de baja cualificación, como las de clasificación o avance de la madera.

## ● PRINCIPALES SECTORES Y PROCESOS: RIESGOS PROFESIONALES Y CONTROLES

*Hugh Davies, Paul Demers,  
Timo Kauppinen y Kay Teschke*

### Proceso de aserrado

Las serrerías pueden ser de muy diversos tamaños. Las más pequeñas son unidades fijas o portátiles constituidas por una sierra principal circular, un sencillo carro portatroncos y una canteadora doble (véanse descripciones a continuación) accionadas por un motor de gasolina o diesel y manejadas por uno o dos trabajadores. Las más grandes son estructuras permanentes, disponen de equipos mucho más elaborados y especializados y pueden emplear a más de 1.000 trabajadores. En función del tamaño de la fábrica y del clima de la región, las operaciones pueden realizarse en el interior o al aire libre. Aunque el tipo y el tamaño de los troncos determinan en gran medida el tipo de equipos necesarios, éstos varían también considerablemente en función de la antigüedad y las dimensiones de la instalación, así como del tipo y la calidad de los tableros fabricados. A continuación se describen algunos de los procesos que tienen lugar en una serrería típica.

Una vez transportados a la serrería, los troncos se almacenan en tierra, en masas de agua próximas a la fábrica o en estanques

construidos para tal fin (véanse las Figuras 71.2 y 71.3). Para ello se clasifican según su calidad, especie u otras características. En las áreas de almacenamiento en tierra suelen utilizarse fungicidas e insecticidas si los troncos van a permanecer almacenados mucho tiempo hasta su transformación. Primero se nivelan los extremos de los troncos con una sierra tronzadora ya sea antes o después del descortezado y como paso previo a la elaboración posterior. El descortezado puede realizarse por varios métodos. Entre los mecánicos cabe citar el desenrollo periférico, en el que se hacen girar los troncos presionándolos contra cuchillas; el descortezado anular, en el que se presionan puntas de herramientas contra el tronco; la abrasión por rozamiento de la madera, que se consigue batiendo los troncos entre sí en un tambor giratorio; y la utilización de cadenas para arrancar la corteza. El descortezado puede realizarse también por medios hidráulicos, utilizando chorros de agua de alta presión. Los troncos y tableros obtenidos tras el descortezado y demás operaciones de la serrería se trasladan de una operación a la siguiente

Figura 71.2 • Carga de astillas con almacenamiento acuático de troncos al fondo.



Fuente: Canadian Forest Products Ltd.

Figura 71.3 • Troncos entrando a una serrería; almacenes y secaderos al fondo.



Canadian Forest Products Ltd.

Figura 71.4 • Interior de la fábrica; cintas y rodillos de transporte de madera.



Ministerio de Silvicultura de la Columbia Británica.

por medio de un sistema de transportadores, cintas y rodillos. En las serrerías grandes, estos sistemas pueden ser bastante complejos (véase la Figura 71.4).

La primera fase del aserrado, también conocida como troceado primario, se realiza en la sierra principal o sierra de cabecera. Esta es una sierra de cinta o sierra circular estacionaria de gran tamaño que se utiliza para cortar el tronco longitudinalmente. El tronco avanza y retrocede a través de ella mediante un carro móvil que puede hacerlo girar para obtener el corte óptimo. Otras veces se emplean varias sierras de cinta, especialmente con los troncos más pequeños. Los productos de la sierra de cabecera son un cuerpo de troza (el centro cuadrado del tronco), una serie de costeros (los bordes externos redondeados del tronco) y, en algunos casos, grandes tableros. En las serrerías es cada vez más normal utilizar rayos láser y rayos X como guías visuales y de corte a fin de optimizar el aprovechamiento de la madera y el tamaño y tipo de tableros producidos.

En el troceado secundario, el cuerpo de troza y los grandes tableros o costeros se transforman en productos de dimensiones funcionales. Para estas operaciones suelen utilizarse sierras de varias hojas paralelas: por ejemplo, sierras circulares cuádruples o una batería de sierras, circulares o de guillotina. Para cortar los tableros a un ancho prefijado se utilizan canteadoras, compuestas al menos por dos sierras paralelas, y para cortar a un largo prefijado se utilizan retestadoras. El canteado y retestado suelen realizarse utilizando sierras circulares, aunque las canteadoras son a veces sierras de cinta. En las serrerías se suele disponer de sierras de cadena manuales para liberar la madera atrapada en el sistema por estar curvada o ensanchada. En las serrerías modernas, cada operación (por ej., sierra de cabecera, canteadora) suele ser responsabilidad de un solo operario, por lo general encerrado en una cabina. Además, es posible situar trabajadores entre las distintas operaciones en fases posteriores del troceado secundario para garantizar manualmente el correcto posicionamiento de los tableros para las siguientes operaciones.

Tras su elaboración en la serrería, los tableros se clasifican y seleccionan según sus dimensiones y calidad y se apilan manual o mecánicamente (véase la Figura 71.5). Si la madera se manipula manualmente, el área correspondiente recibe el nombre de "cadena verde". En muchas fábricas modernas se han instalado cajones de clasificación automáticos que sustituyen a la laboriosa clasificación manual. A fin de aumentar la circulación del aire

para acelerar el secado, pueden colocarse pequeños trozos de madera entre los tableros en el momento de apilarlos.

La madera de construcción puede secarse al aire libre o en cámaras de secado, en función de las condiciones climáticas locales y de la humedad de la madera verde, pero la madera de acabado se seca normalmente en cámara. Hay muchos tipos de secaderos. Los de compartimiento y los de alta temperatura son secaderos en serie. En los secaderos continuos, las pilas atadas pueden circular por el secadero en posición perpendicular o paralela, y la dirección de movimiento del aire puede ser perpendicular o paralela a los tableros. Como material aislante para los tubos de vapor de los secaderos se ha venido utilizando amianto.

Antes de almacenar madera verde, especialmente en lugares húmedos, pueden aplicarse fungicidas para evitar el desarrollo de hongos que produzcan coloraciones azules o negras en la madera (manchas). La aplicación de fungicidas puede hacerse también en la cadena de producción (habitualmente por rociado) o después de atar la madera (generalmente en tanques de inmersión). En el decenio de 1940 se introdujo la sal sódica del pentaclorofenol para controlar las manchas, aunque se reemplazó en el decenio de 1960 por el tetraclorofenato, más soluble en agua. El clorofenato se ha dejado de utilizar en gran parte debido a la preocupación por sus efectos para la salud y la

Figura 71.5 • Carretilla elevadora cargada.



Canadian Forest Products Ltd.

contaminación con dibenzo-*p*-dioxinas policloradas. Como sustitutos cabe citar el cloruro de amonio didicildimetílico, el 3-yodo-2-propinil-butil-carbamato, el azacónazol, el bórax y el 2-(tiocianometiltio)benzotiazol, la mayoría de los cuales se han estudiado poco entre los trabajadores usuarios. A menudo no es necesario tratar la madera, especialmente la que se ha secado en cámara. La procedente de algunas especies, como el cedro rojo occidental, no presenta nunca manchas.

Antes o después del secado, la madera puede comercializarse como madera verde o basta; sin embargo, para la mayoría de los usos industriales debe someterse a elaboración adicional. La madera se corta a la medida definitiva y se labra en un taller de cepillado. Las cepilladoras se utilizan para reducir la madera a medidas estándar comercializables y para alisar la superficie. El cabezal de cepillado está formado por una serie de hojas de corte montadas sobre un cilindro que gira a alta velocidad. La operación suele realizarse con alimentación automática y en paralelo al grano de la madera. El cepillado suele realizarse simultáneamente por ambos lados del tablero. Las cepilladoras que trabajan los cuatro lados se denominan machihembradoras. A veces se utilizan molduradoras para redondear los bordes de la madera.

Tras la elaboración definitiva, la madera ha de clasificarse, apilarse y atarse con vistas al transporte. Estas operaciones están cada vez más automatizadas. En algunos talleres especializados, la madera se trata adicionalmente con agentes químicos utilizados como conservantes o ignífugos, o para proteger su superficie del desgaste mecánico o de la intemperie. Por ejemplo, las traviesas de vías férreas, pilotes, postes de cercados, postes telefónicos u otros artículos de madera que hayan de estar en contacto con el suelo o el agua se tratan a presión con arseniato de cobre amoniacal o de cromatos, pentaclorofenol o creosota en aceite derivado del petróleo. También se utilizan tinturas y colorantes para mejorar su comercialización, y pinturas para sellar los extremos de los tableros o para añadir marcas de empresa.

El serrado y demás operaciones de transformación de la madera de las serrerías producen grandes cantidades de serrín y residuos. En muchas serrerías, los costeros y otras grandes piezas de madera se reducen a astillas. Las astilladoras suelen ser grandes discos giratorios con hojas rectas empotradas en la superficie y provistos de ranuras para que pasen las astillas. Estas se producen cuando se pasan los troncos o los desechos de mecanizado por las hojas utilizando alimentación inclinada por gravedad, autoalimentación horizontal o alimentación automática controlada. La acción de corte de la astilladora suele ser perpendicular a las hojas. Para los troncos enteros se utilizan diseños diferentes que para los costeros, cantos y otros trozos de madera residual. Es normal que la astilladora esté integrada en la sierra de cabecera para astillar los costeros inservibles. También se utilizan astilladoras independientes para los desechos del resto del taller. El serrín y las astillas de madera pueden venderse para fabricar pasta, tableros reconstituidos, para elementos de paisajismo, como combustible o para otros usos. La corteza, las astillas, el serrín y otros materiales también pueden quemarse, bien como combustible o como residuos.

Las grandes serrerías modernas suelen disponer de una considerable plantilla de técnicos de mantenimiento: operarios de limpieza, montadores (mecánica industrial), carpinteros, electricistas y otros trabajadores cualificados. Si no se dispone de ventilación por aspiración localizada o los equipos no funcionan correctamente, puede acumularse material residual en la maquinaria, transportadores y suelos. Las correspondientes operaciones de limpieza suelen realizarse con aire comprimido para eliminar el polvo depositado en las máquinas, suelos y otras superficies. Es preciso inspeccionar las sierras periódicamente en busca de dientes rotos, grietas u otros defectos, y equilibrarlas

correctamente para evitar vibraciones. De esto se ocupan unos profesionales típicos de la industria maderera: los afiladores, que son responsables de afilar, reconstruir los dientes y otras tareas de mantenimiento de sierras circulares y sierras de cinta.

### Riesgos para la seguridad y la salud en las serrerías

La Tabla 71.3 indica los principales tipos de riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo en una serrería típica. Son muchos los peligros graves. Es necesario instalar defensas en el punto de manejo de sierras y otros aparatos de corte, así como de engranajes, correas, cadenas, piñones y puntos de atrapamiento de transportadores, correas y rodillos. En muchas operaciones, como las relacionadas con las sierras circulares, hay que instalar dispositivos antirretroceso para evitar que las piezas de madera atascadas salgan disparadas de la máquina. Se han de instalar barandillas en pasillos que discurren junto a las operaciones o pasarelas que atraviesan transportadores y otras líneas de producción. Es necesario mantener el orden y la limpieza para evitar la acumulación peligrosa de serrín y residuos de la madera, que puedan provocar caídas y comporten un riesgo de incendio y explosión. Muchas de las áreas que requieren limpieza y mantenimiento rutinario están situadas en zonas peligrosas que normalmente permanecen inaccesibles mientras la serrería está en funcionamiento. El correcto cumplimiento de los procedimientos de bloqueo de maquinaria es de suma importancia durante las operaciones de mantenimiento, reparación y limpieza. Los equipos móviles deben dotarse de señales luminosas y acústicas de advertencia. Los caminos peatonales y las vías de tránsito rodado deben quedar claramente señalizados. También es necesario utilizar chalecos reflectantes para aumentar la visibilidad de los peatones.

La clasificación, selección y otras operaciones pueden implicar la manipulación manual de tableros y otras piezas pesadas de madera. Deben utilizarse transportadores y cajones de recepción de diseño ergonómico y técnicas apropiadas de manipulación de materiales que contribuyan a evitar lesiones de espalda y de las extremidades superiores. Es necesario utilizar guantes para evitar clavarse astillas, pincharse y el contacto con los productos conservantes. Entre los operarios y los puntos de trabajo deben colocarse pantallas de cristal de seguridad o materiales similares, debido al riesgo de que el serrín, las astillas y otros residuos expulsados por las sierras provoquen lesiones oculares y de otro tipo. Los rayos láser también presentan riesgos oculares y han de identificarse las áreas en las que se utilicen aparatos láser de las clases II, III o IV, colocando letreros de advertencia. En la mayoría de las operaciones de la serrería, los operarios deben llevar equipos de protección individual, como gafas de seguridad, cascos y botas de punta de acero.

En la mayoría de las zonas de las serrerías existe un nivel de ruido peligroso producido por las operaciones de descortezado, serrado, canteado, retestado, cepillado y astillado, así como por el golpeo de los troncos en los transportadores, rodillos y clasificadoras. Entre los controles técnicos viables para reducir los niveles de ruido cabe citar las cabinas insonorizadas para operarios, el encerramiento de las máquinas cortadoras con material insonorizante en las entradas y salidas, y la construcción de barreras insonorizantes. También es posible utilizar otros controles técnicos. Por ejemplo, el ruido de funcionamiento de las sierras circulares en vacío puede reducirse utilizando sierras cuyos dientes sean de forma adecuada o ajustando la velocidad de rotación. La instalación de material insonorizante en paredes y techos puede contribuir a reducir el ruido reflejado por toda la fábrica, aunque será necesario un control en la fuente cuando la exposición al mismo sea directa.

Tabla 71.3 • Riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo, por procesos industriales.

Proceso	Riesgos para la seguridad	Riesgos físicos	Riesgos por polvo/ productos químicos	Riesgos biológicos
Patio y estanque	Equipos móviles;* maderas/troncos sueltos;* cintas transportadoras	Ruido; temperaturas extremas	Polvo del camino, otras partículas; pesticidas	Mohos y bacterias*
Descortezado	Pasos elevados; retroceso de máquinas; maderas/troncos sueltos;* cintas transportadoras; sierras/equipos de corte; residuos volantes;* no bloquear la maquinaria	Ruido	Polvo de madera; polvo del camino; otras partículas; componentes volátiles de la madera	Mohos y bacterias*
Aserrado, retestado, canteado	Pasos elevados; retroceso de máquinas;* maderas/troncos sueltos; cintas transportadoras;* sierras/equipos de corte;* residuos volantes; astillas; no bloquear la maquinaria*	Ruido;* lesiones por esfuerzos repetitivos	Polvo de madera;* componentes volátiles de la madera*	Mohos y bacterias
Secado en cámara	Equipos móviles	Extremos de temperatura	Componentes volátiles de la madera, amianto	Mohos y bacterias
Cepillado	Pasos elevados; retroceso de máquinas;* maderas/troncos sueltos; cintas transportadoras;* sierras/equipos de corte;* residuos volantes; astillas; no bloquear la maquinaria	Ruido;* lesiones por esfuerzos repetitivos	Polvo de madera;* componentes volátiles de la madera; pesticidas	
Clasificación	Pasos elevados; maderas/troncos sueltos; cintas transportadoras;* astillas; no bloquear la maquinaria	Ruido; lesiones por esfuerzos repetitivos*	Polvo de madera; pesticidas	
Astillados y operaciones relacionadas	Pasos elevados; retroceso de máquinas; cintas transportadoras; sierras/equipos de corte;* residuos volátiles;* no bloquear la maquinaria	Ruido*	Polvo de madera;* componentes volátiles de la madera	Mohos y bacterias*
Corte de chapa	Pasos elevados; equipos móviles; cintas transportadoras; sierras/equipos de corte; astillas; no bloquear la maquinaria	Ruido*	Polvo de madera; componentes volátiles de la madera	Mohos y bacterias*
Secado de chapa	Equipos móviles; astillas	Temperaturas extremas; lesiones por esfuerzos repetitivos	Componentes volátiles de la madera; amianto	Mohos y bacterias
Mezcla de colas y parchado		Lesiones por esfuerzos repetitivos	Formaldehído;* otros componentes de las resinas*	
Operaciones de prensado en caliente	Equipos móviles; astillas; no bloquear la maquinaria*	Ruido; lesiones por esfuerzos repetitivos	Componentes volátiles de la madera; formaldehído;* otros componentes de las resinas*	
Lijado y acabado de paneles	Equipos móviles; sierras/equipos de corte; residuos volantes; astillas; no bloquear la maquinaria	Ruido;* lesiones por esfuerzos repetitivos	Polvo de madera; formaldehído; otros componentes de las resinas	
Operaciones de limpieza	Pasos elevados; cintas transportadoras;* residuos volantes;* astillas; no bloquear la maquinaria*	Ruido	Polvo de madera;* formaldehído; otros componentes de las resinas; amianto	Mohos y bacterias*
Afilado de sierras	Pasos elevados; sierras/equipos de corte; residuos volantes; no bloquear la maquinaria	Ruido	Humos metálicos*	
Otras tareas de mantenimiento	Pasos elevados; equipos móviles;* no bloquear la maquinaria*		Polvo de madera; amianto; humos metálicos	
Embalaje y envío	Pasos elevados; equipos móviles;* maderas/troncos sueltos; cintas transportadoras; astillas; no bloquear la maquinaria	Ruido; temperaturas extremas; lesiones por esfuerzos repetitivos	Polvo del camino, otras partículas; pesticidas	

\* Indica un alto grado de riesgo.

Los trabajadores de casi todas las áreas de la serrería pueden verse expuestos a la proyección de material en partículas. Las operaciones de descortezado prácticamente no producen serrín, ya que el objetivo es dejar la madera intacta, pero sí es posible que el aire contenga tierra, cortezas y agentes biológicos en suspensión, tales como bacterias y hongos. Los trabajadores de casi todas las áreas de aserrado, astillado y cepillado pueden verse expuestos al polvo de madera. El calor generado por estas

operaciones puede provocar exposición a los elementos volátiles de la madera, como los monoterpenos, aldehídos, cetonas y otros, que varían en función de la especie de árbol y de la temperatura. Algunos de los trabajadores más expuestos al serrín son los que utilizan aire comprimido para limpiar. Los que trabajan cerca de los secaderos se ven expuestos a los elementos volátiles de la madera. Además, pueden darse exposiciones a bacterias y hongos patógenos, que se desarrollan a

temperaturas inferiores a 70 °C. Existe también el peligro de exposición a bacterias y hongos durante la manipulación de astillas y desechos de la madera, y durante el transporte de los troncos en el patio del almacén.

Existen controles técnicos viables, como una ventilación por aspiración localizada, para controlar los niveles de contaminantes suspendidos en el aire, y es posible combinar medidas para controlar el ruido y el polvo. Así, las cabinas cerradas reducen la exposición tanto al ruido como al serrín (y previenen lesiones oculares y de otro tipo). Sin embargo, sólo protegen al operario encerrado en ellas, y es preferible controlar la exposición en origen aislando las operaciones, sobre todo las de cepillado. En algunas fábricas se aplican métodos de limpieza por aspiración y mojado, habitualmente por los contratistas de limpieza, pero no son de uso general. La exposición a hongos y bacterias puede controlarse reduciendo o aumentando las temperaturas de los secaderos y tomando otras medidas para eliminar las condiciones propicias al desarrollo de estos microorganismos.

En las serrerías existen otras exposiciones potencialmente peligrosas. Es posible quedar expuesto a frío y calor extremos cerca de los puntos por donde los materiales entran o salen de la nave, y el calor es también un riesgo en las zonas de secaderos. Otro factor de riesgo es el alto nivel de humedad al serrar troncos mojados. La exposición a los fungicidas se produce principalmente por vía cutánea y puede darse si se manejan los tableros mientras todavía están mojados durante la clasificación y otras operaciones. Al manejar tableros mojados con fungicidas, deben utilizarse guantes y delantales apropiados. En las operaciones de pulverizado debe utilizarse ventilación por aspiración localizada con cortinas de pulverización y eliminadores de aerosoles y nieblas. Los equipos móviles utilizados para trasladar troncos y madera de un almacén a otro y para cargar los semirremolques o vagones de ferrocarril pueden provocar exposición al monóxido de carbono y a otros productos de la combustión. Los afiladores de sierras pueden verse expuestos a niveles peligrosos de humos y polvos, como los de cobalto, cromo y plomo procedente de las operaciones de amolado y soldadura. Es necesario instalar defensas en la maquinaria y ventilación por aspiración localizada.

### Procesos de elaboración de chapa y contrachapado

Se llama *contrachapado* al panel constituido por tres o más chapas pegadas con cola. El término se aplica asimismo a los paneles con un núcleo compuesto por listones de madera maciza y a los tableros de partículas revestido de chapa por ambos lados. El contrachapado puede fabricarse con madera de diversos árboles, incluidas coníferas y otras especies.

Las chapas suelen elaborarse directamente, a partir de troncos enteros descortezados, en un torno de desenrollado. Para ello se hace girar el tronco contra una barra de presión al mismo tiempo que toca una cuchilla que produce una fina lámina de entre 0,25 y 5 mm de grosor. Los troncos utilizados en este proceso pueden remojarse en agua caliente o vapor para ablandarlos antes del proceso de corte. Los bordes de la lámina suelen ser recortados por las cuchillas unidas a la barra de presión. Pueden obtenerse chapas decorativas rebanando un cuerpo de troza (el centro cuadrado del tronco) utilizando un brazo de presión y una hoja de corte de manera similar a la obtención de chapas. Tras el laminado o rebanado, las chapas se recogen en largas bandejas planas o se enrollan en carretes. Se cortan a medidas funcionales utilizando una máquina tipo guillotina y se secan utilizando calefacción artificial o ventilación natural. Los paneles secos son inspeccionados y, si es necesario, parcheados con pequeños trozos o listones de madera y resinas a base de

formaldehído. Si las chapas secas son más pequeñas que un panel de medidas estándar, pueden empalmarse, aplicando en los bordes un adhesivo líquido a base de formaldehído, uniendo los bordes a presión y aplicando calor para curar la resina.

Para producir los paneles, se forma una chapa, se le aplica una capa de resina a base de formaldehído por medio de un rodillo o pulverizador, y se coloca entre dos chapas sin encolar con su grano en dirección perpendicular. El conjunto pasa después a una prensa caliente, donde se somete a presión y calor para solidificar la resina. Los adhesivos a base de resina fenólica son muy utilizados para fabricar contrachapado de madera blanda destinada a soportar duras condiciones de servicio, como es el caso de la construcción de edificios y barcos. Los adhesivos a base de resinas de urea se utilizan mucho para fabricar contrachapado de madera dura para muebles y paneles interiores; estos pueden reforzarse con resina melamínica para aumentar su resistencia. Las fábricas de contrachapado llevan más de 30 años utilizando colas para ensamblado a base de formaldehído. Antes de la introducción de estas resinas en el decenio de 1940, se empleaban adhesivos a base de soja y albúmina animal, y era habitual el prensado en frío de los paneles. Puede que estos métodos todavía se utilicen, pero son cada vez más raros.

Los paneles se cortan a la medida adecuada utilizando sierras circulares y se alisan utilizando grandes lijadoras de cinta o rotativas. También puede realizarse un mecanizado adicional para dar al contrachapado características especiales. En algunos casos, se añaden a las colas plaguicidas tales como clorofenoles, lindano, aldrín, heptacloro, cloronaftalenos y óxido de tributilzina, o se trata con ellos la superficie de los paneles. Otros tratamientos superficiales implican la aplicación de aceites ligeros derivados del petróleo (para paneles de encofrado), pinturas, tinturas, lacas y barnices. Todos ellos pueden aplicarse en lugares separados. Las chapas y los paneles suelen transportarse de una operación a otra por medio de equipos móviles.

### Riesgos derivados de la elaboración de chapas y contrachapado

La Tabla 71.3 indica los principales tipos de riesgos para la seguridad y la salud en el trabajo en una fábrica típica de contrachapado. Muchos de ellos son parecidos a los existentes en las serrerías, y las medidas de control también son semejantes. En esta sección sólo se tratan las cuestiones que difieren de las operaciones de aserrado.

Los obreros que trabajan en las operaciones de preparación de colas, empalme, parchado, lijado y prensado en caliente, y los que trabajan en las proximidades, pueden verse expuestos por vía cutánea y respiratoria al formaldehído y a otros componentes de las colas, resinas y adhesivos. Las resinas de urea liberan formaldehído durante el curado más fácilmente que las fenólicas; con todo, las mejoras logradas en la formulación de resinas han reducido estas exposiciones. Es necesario disponer de una ventilación por aspiración localizada y utilizar guantes y otros equipos protectores apropiados para reducir la exposición cutánea y respiratoria al formaldehído y otros componentes de las resinas.

La madera utilizada para producir chapas está mojada, y las operaciones de desenrollado y corte no suelen producir mucho polvo. Las operaciones de producción de contrachapado que más exposición al polvo producen son las de lijado, mecanizado y aserrado necesarias para el acabado. En particular, el lijado produce grandes cantidades de polvo fino porque durante el labrado puede eliminarse entre un 10 y un 15 % del tablero. Estos procesos deben estar encerrados y tener ventilación por aspiración localizada; las lijadoras manuales deben disponer de aspiración integrada mediante una bolsa de recogida del polvo. Si no se dispone de ventilación localizada o no funciona



correctamente, la exposición al polvo de madera puede ser importante. En las fábricas de contrachapado es muy normal utilizar métodos de limpieza húmedos y por aspiración, porque el pequeño tamaño de las partículas de polvo resta eficacia a otros métodos. Si no existen medidas de control del ruido, los niveles de ruido producidos por las operaciones de lijado, aserrado y mecanizado pueden superar los 90 dBA.

Una vez secas las chapas, pueden liberarse varios componentes químicos de la madera, tales como monoterpenos, ácidos de las resinas, aldehídos y cetonas. Los tipos y cantidades de los productos químicos liberados dependen de la especie del árbol y de la temperatura del secador de chapa. Es necesario disponer de una ventilación por aspiración adecuada y reparar inmediatamente las fugas del secador de chapa. Los trabajadores pueden verse expuestos a los humos de escape de los motores de las carretillas elevadoras en toda la fábrica, y los equipos móviles también presentan un riesgo para la seguridad. Los plaguicidas mezclados con las colas apenas son volátiles y no deberían ser detectables en el aire ambiental del lugar de trabajo, con la excepción de los cloronaftalenos, que se evaporan notablemente. La exposición a los plaguicidas puede producirse por vía cutánea.

### Otras industrias de manufactura de tableros

Este grupo de industrias, en el que se incluyen la manufactura de tableros de partículas, de tableros de obleas, tableros de hebras, tableros aislantes, tableros de fibra y tableros duros, produce tableros compuestos por elementos de madera de varios tamaños, desde grandes escamas u obleas hasta fibras, unidas por colas resinosas o, en el caso de los tableros de fibra elaborados por procesos húmedos, por la unión "natural" entre las fibras. En el proceso más sencillo, los tableros se fabrican en dos fases. La primera fase es la producción de los elementos, bien directamente a partir de los troncos enteros o bien como subproducto residual de otros ámbitos de la industria maderera, como las serrerías. La segunda fase es su recombinación en forma de planchas o paneles utilizando adhesivos químicos.

Los tableros de partículas, de escamas, de hebras y de obleas se elaboran con astillas de madera de varios tamaños y formas utilizando procesos similares. Los de partículas y de escamas se elaboran con pequeños elementos de madera y se destinan en general a la elaboración de paneles de chapa de madera o laminados de plástico para la fabricación de muebles, armarios y otros productos de madera. La mayoría de los elementos se obtienen directamente de los desechos de la madera. Los tableros de obleas y de hebras se elaboran con partículas muy grandes —virutas y hebras de madera, respectivamente— y se utilizan principalmente para aplicaciones estructurales. Por lo general, los elementos se obtienen directamente de los troncos, utilizando una máquina provista de una serie de cuchillas giratorias que cortan finas obleas. El diseño puede ser parecido al de una astilladora, excepto que la madera debe alimentarse a la cortadora con el grano orientado en paralelo a las cuchillas. También pueden utilizarse diseños de desarrollo periférico. En estos procesos es mejor utilizar madera saturada de agua y, como la madera debe estar orientada, suelen utilizarse troncos cortos.

Antes de elaborar las planchas o paneles, es preciso clasificar los elementos por su tamaño y calidad, y después secarlos por medios artificiales controlando estrictamente la humedad. Los elementos secos se mezclan con un adhesivo y se extienden en mantas. Se utilizan tanto resinas de formaldehído fenólico como de formaldehído ureico. Como ocurre con el contrachapado, las resinas fenólicas se utilizan más con paneles destinados a aplicaciones que requieren durabilidad en condiciones adversas, mientras que las de urea-formaldehído se emplean para aplicaciones interiores, menos exigentes. Las resinas de melamina-formal-

dehído también aumentan la durabilidad, pero son más caras. En las últimas décadas, ha surgido una nueva industria de producción de madera reconstituida para varios usos estructurales, como vigas, soportes y otros elementos de apoyo de cargas. Aunque los procesos de fabricación pueden ser parecidos a los utilizados para los tableros de partículas, se utilizan resinas a base de isocianatos, debido a la mayor resistencia que se precisa.

Las mantas se dividen en secciones a la medida del panel, utilizando generalmente un equipo automático de aire comprimido o una hoja recta. Esta operación se realiza en un recinto cerrado, de modo que pueda reciclarse el material sobrante de la manta. Los paneles se unen para formar planchas por medio de una resina termoestable que se solidifica en una prensa caliente en un proceso similar a la elaboración del contrachapado. Posteriormente los paneles se enfrían y se recortan a medida. En caso necesario, se utilizan lijadoras para el acabado superficial. Por ejemplo, los tableros reconstituidos que han de recubrirse con una chapa de madera o laminado plástico deben lijarse para obtener una superficie relativamente lisa y uniforme. Aunque antes se utilizaban en esta industria lijadoras rotativas, en la actualidad se utilizan generalmente lijadoras de cinta. También pueden aplicarse revestimientos superficiales.

Los tableros de fibra (incluidos los tableros aislantes, los de fibra de densidad media (FDM) y los tableros duros) son paneles compuestos por fibras de madera enlazadas. Su producción es algo distinta de la de los tableros de partículas y otros tableros manufacturados. (véase la Figura 71.1). Para producir las fibras, se reducen (a pasta) pequeños troncos o astillas de madera de forma similar a lo que se hace para producir pasta para la industria papelera (véase el capítulo *Industria del papel y la pasta de papel*). En general, se utiliza un proceso de desfibrado mecánico por el que se remojan las astillas en agua caliente y después se trituran mecánicamente. Los tableros de fibra pueden ser de muy diversa densidad, desde tableros aislantes de baja densidad hasta tableros duros, y se elaboran con madera de coníferas u otras especies. Para fabricar tableros duros es mejor utilizar otras especies, mientras que las coníferas son mejores para los tableros aislantes. Los procesos que intervienen en el desfibrado tienen un efecto químico menor sobre la madera triturada, eliminando una pequeña cantidad de lignina y otros materiales extraíbles.

Pueden utilizarse dos procesos diferentes, húmedo y seco, para unir las fibras y producir los paneles. Los tableros duros (tableros de fibra de alta densidad) y FDM pueden elaborarse por medio de procesos "húmedos" o "secos", mientras que los tableros aislantes (tableros de fibra de baja densidad) se han de elaborar por medio del proceso húmedo. Fue éste el que se desarrolló en primer lugar, y procede de la producción de papel, mientras que el proceso seco se desarrolló posteriormente y se deriva de las técnicas de elaboración de tableros de partículas. En el proceso húmedo, se distribuye una lechada de pasta y agua sobre un tamiz para formar una manta que después se prensa, se seca, se corta y se labra. Los tableros elaborados por procesos húmedos unen gracias a componentes de la madera parecidos a los adhesivos y a la formación de enlaces de hidrógeno. El proceso seco es similar, excepto en que las fibras se distribuyen sobre la manta tras la adición de un ligante (ya sea una resina termoestable, una resina termoplástica o un aceite secante) para que se unan las fibras. Por lo general, se utilizan resinas de fenol-formaldehído o urea-formaldehído. A veces se emplean otros productos químicos diversos como aditivos, incluyendo sales inorgánicas como agentes ignífugos y fungicidas como agentes conservantes.

En general, los riesgos para la seguridad y la salud en las fábricas de tableros de partículas y otros tableros manufacturados son bastante parecidos a los existentes en las fábricas de

contrachapado, con la excepción de las operaciones de desfilado para la producción de tableros de fibra (véase la Tabla 71.3). La elaboración de los elementos puede implicar una exposición al polvo de madera, que varía mucho en función de la humedad de la madera y de la naturaleza de los procesos. Las operaciones de corte y acabado de los paneles, especialmente el lijado, son las que suponen una mayor exposición al polvo de madera si no existen controles técnicos o no funcionan correctamente. La mayoría de las lijadoras son sistemas cerrados, y se necesitan sistemas de aire de gran capacidad para eliminar el polvo generado. Los trabajadores que realizan las operaciones de astillado y trituración de madera secada y los que intervienen en el transporte de las astillas desde los almacenes hasta las áreas de proceso también pueden verse expuestos al polvo, así como a hongos y bacterias. Es posible quedar expuesto a niveles muy altos de ruido cerca de las operaciones de lijado, astillado, trituración y otras operaciones de transformación de la madera. Es posible quedar expuesto al formaldehído y a otros componentes de las resinas durante las operaciones de mezcla de colas, preparación de las mantas y prensado en caliente. Las medidas de control para limitar la exposición a los riesgos para la seguridad, al polvo de madera, al ruido y al formaldehído aplicadas en las fábricas de tableros son parecidas a las aplicables a las fábricas de contrachapado y serrerías.

## ● LESIONES Y ENFERMEDADES

*Paul Demers*

### Lesiones

Las serrerías y otros talleres de transformación de la madera son ambientes de trabajo extremadamente peligrosos debido a la naturaleza del proceso, que comporta el movimiento y corte de trozos de madera muy grandes y pesados a velocidades relativamente altas. Aunque se disponga de buenos controles técnicos, es preciso cumplir estrictamente normas y procedimientos de seguridad. Existen varios factores generales que pueden contribuir al riesgo de lesiones. No mantener el orden y la limpieza adecuadamente aumenta el riesgo de resbalones, tropezones y caídas, y el polvo de madera puede plantear un peligro de incendio o explosión. Los altos niveles de ruido han provocado lesiones debido a la menor capacidad de los trabajadores para comunicarse y oír las señales acústicas de advertencia. Muchas fábricas grandes trabajan en varios turnos, y las horas de trabajo, en especial los cambios de turno, pueden aumentar las probabilidades de accidente.

Entre los accidentes más comunes con riesgo de que se produzcan heridas muy graves o mortales hay que citar los golpes por los equipos móviles; las caídas de plataformas y pasos elevados; la no desconexión o bloqueo de los equipos mientras se realizan tareas de mantenimiento o se intenta eliminar atascos; los golpes por el retroceso de sierras, canteadoras y cepilladoras; y el ahogamiento en vías fluviales de conducción de troncos o estanques de almacenamiento. Los trabajadores de reciente contratación corren un riesgo mayor. Por ejemplo, en un análisis de las causas de 37 fallecimientos ocurridos en serrerías entre 1985 y 1994 en la Columbia Británica, Canadá, 13 (el 35 %) de ellas ocurrieron durante el primer año de empleo, y 5 de estas últimas durante la primera semana de empleo (4 el primer día) (Howard, 1995).

También existe un alto riesgo de lesiones no mortales. Las partículas y pequeños trozos de madera o residuos expulsados por la maquinaria pueden provocar lesiones oculares. El contacto entre la madera y la piel sin proteger puede dar lugar a

pinchazos, cortes y astillas clavadas. Intentar empujar o levantar materiales pesados durante la clasificación y selección u otras operaciones implica riesgo de torceduras, esguinces y otras lesiones musculoesqueléticas.

### Enfermedades no malignas

Los trabajadores de serrerías e industrias relacionadas están expuestos a diversos riesgos para el sistema respiratorio, causados por el polvo de madera, los componentes volátiles de la madera, los mohos y bacterias en suspensión y el formaldehído. Varios estudios han examinado la salud respiratoria entre los trabajadores de serrerías y fábricas de contrachapado, tableros de partículas y tableros de hebras. El interés de los estudios en las serrerías se ha centrado generalmente en el polvo, mientras que los estudios de las fábricas de contrachapado y tableros de partículas se han centrado principalmente en la exposición al formaldehído.

La exposición laboral al serrín se ha relacionado con una gran variedad de efectos para el sistema respiratorio superior e inferior. Debido al tamaño de las partículas generadas por las operaciones de las industrias madereras, la nariz es el destino natural de los efectos de la exposición al polvo de madera. Se han documentado muy diversos efectos en los senos nasales, como rinitis, sinusitis, obstrucción nasal, hipersecreción nasal y eliminación mucociliar deficiente. La exposición al polvo de madera se ha relacionado también con efectos para el tracto respiratorio inferior como el asma, la bronquitis crónica y la obstrucción respiratoria crónica. Las especies de coníferas y frondosas, maderas duras y blandas, procedentes de climas tropicales y templados se han asociado a efectos tanto para el tracto respiratorio superior como para el inferior. Por ejemplo, se ha asociado el asma, como enfermedad profesional, a la exposición al polvo de arce africano, roble gateado africano, fresno, sequoia californiana, cedro del Líbano, nogal centroamericano, cedro blanco oriental, ébano, iroko, caoba, roble, ramin y cedro rojo occidental, entre otras especies.

La madera se compone principalmente de celulosa, poliosas y lignina, pero también contiene diversos compuestos orgánicos biológicamente activos, como monoterpenos, tropolones, ácidos resínicos (diterpenos), ácidos grasos, fenoles, taninos, flavonoides, quinonas, lígnanos y estilbenos. Como se ha demostrado que los efectos para la salud varían según la especie de árbol, se sospecha que puedan deberse a estos productos químicos naturales, conocidos como extractivos, que también varían según la especie. En algunos casos, se han identificado extractivos específicos como la causa de los efectos para la salud asociados a la exposición a la madera. Por ejemplo, el ácido plicáico, que aparece naturalmente en el cedro rojo occidental y en el cedro blanco oriental, produce asma y otros efectos alérgicos en los humanos. Mientras que los extractivos de mayor peso molecular permanecen en el polvo durante las operaciones de transformación de la madera, otros, los extractivos más ligeros, tales como los monoterpenos, se volatilizan fácilmente durante las operaciones de secado en cámara, aserrado y retestado. Los monoterpenos (como el  $\alpha$ -pineno, el  $\beta$ -pineno, el  $\delta^3$ -careno y el limoneno) son componentes importantes de la resina de muchas coníferas comunes y están relacionados con la irritación de boca y garganta, la disnea y la afectación de la función pulmonar.

Los mohos que se desarrollan en la madera son otro riesgo natural con posibles efectos perjudiciales. La exposición a ellos parece ser común entre los trabajadores de serrerías ubicadas en regiones de clima suficientemente húmedo y cálido para su desarrollo. Entre los trabajadores de las serrerías de los países escandinavos, Reino Unido y Norteamérica se han registrado casos de alveolitis alérgica extrínseca, también conocida como

neumonitis por hipersensibilidad (Halpin y cols. 1994). Un efecto mucho más común, aunque menos grave de la exposición a mohos, es la fiebre por inhalación, también conocida como síndrome tóxico del polvo orgánico, caracterizada por crisis agudas de fiebre, malestar, dolores musculares y tos. Se ha calculado que la prevalencia de la fiebre por inhalación entre los desramadores suecos oscila entre un 5 y un 20 %, aunque es probable que estos porcentajes sean mucho menores en la actualidad, debido a la introducción de medidas preventivas.

La exposición a los productos químicos utilizados como adhesivos en la industria maderera puede tener asimismo efectos en el sistema respiratorio. El formaldehído es un irritante y puede provocar inflamación de nariz y garganta. Se han observado efectos agudos en los pulmones y se sospechan efectos crónicos. También se ha documentado que esta exposición provoca asma y bronquitis crónica.

Los efectos irritantes o alergénicos del polvo de madera, el formaldehído y otros materiales no se limitan al sistema respiratorio. Por ejemplo, los estudios que comunican síntomas nasales suelen indicar una mayor incidencia de irritación ocular. Se ha demostrado la relación de las dermatitis con el polvo de más de 100 especies diferentes de árboles, algunas de ellas especies comunes de maderas duras, maderas blandas y especies tropicales. El formaldehído es además un irritante cutáneo y puede provocar dermatitis alérgica por contacto. También se ha demostrado que algunos fungicidas antimanchas utilizados en la madera de maderas blandas provocan irritación ocular y cutánea.

Los trabajadores de las serrerías y otras industrias madereras tienen un alto riesgo de pérdida auditiva por ruido. Por ejemplo, en un reciente estudio realizado en una serrería de Estados Unidos, el 72,5 % de los trabajadores presentaban algún grado de deterioro auditivo a una o más frecuencias en las pruebas audiométricas (Tharr, 1991). Las personas que trabajan en las proximidades de sierras y otras máquinas de transformación de la madera suelen verse expuestas a niveles superiores a 90 o 95 dBA. A pesar de este riesgo perfectamente conocido, los intentos de reducir los niveles de ruido son relativamente escasos (con la excepción de los encerramientos de las cepilladoras) y continúan produciéndose nuevos casos de pérdida auditiva inducida por ruido.

## Cáncer

El trabajo en las industrias madereras puede comportar la exposición a cancerígenos conocidos y sospechosos. El polvo de madera, el elemento más presente en las industrias madereras, se ha clasificado como cancerígeno para los humanos (Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC): Grupo 1). Se han observado riesgos relativos muy altos de cáncer sinonasal, especialmente de adenocarcinoma sinonasal, entre los trabajadores expuestos a altos niveles de polvo de maderas duras, como el haya, el roble y la caoba, en la industria del mueble. Las pruebas relativas al polvo de maderas blandas son menos concluyentes y se han observado riesgos relativos menores. Existen pruebas de un riesgo excesivo entre los trabajadores de las serrerías e industrias relacionadas, sobre la base de un reanálisis conjunto de los datos originales de 12 estudios de casos-control de cáncer sinonasal (IARC, 1995). El cáncer sinonasal es relativamente raro en casi todas las regiones del mundo, con una tasa bruta de incidencia anual de aproximadamente 1 caso por cada 100.000 personas. Se considera que el 10 % de todos los cánceres sinonasales son adenocarcinomas. Aunque se han observado asociaciones entre el polvo de madera y otros cánceres más comunes en algunos estudios, los resultados han sido mucho menos sólidos que en lo que se refiere al cáncer sinonasal.

El formaldehído, un elemento al que se ven muy expuestos los trabajadores de las fábricas de contrachapado, tableros de partículas y demás, se ha clasificado como probable cancerígeno para el ser humano (IARC: Grupo 2A). Se ha demostrado que produce cáncer en animales y se han observado cifras de cáncer nasofaríngeo y sinonasal superiores a lo normal en algunos estudios en seres humanos, aunque sin resultados concluyentes. Se sabe que los plaguicidas a base de pentaclorofenol y tetraclorofenol, hasta hace poco muy utilizados en las industrias madereras, están contaminados por furanos y dioxinas. El pentaclorofenol y la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-para-dioxina han sido clasificados como posibles cancerígenos para el ser humano (IARC: Grupo 2B). Algunos estudios han hallado una relación entre los clorofenoles y el riesgo de linfoma, no Hodgkin, y de sarcoma de los tejidos blandos. Los resultados relativos al linfoma no Hodgkin han sido más consistentes, sólidos que los relativos al sarcoma de los tejidos blandos. Entre otras posibles exposiciones a elementos cancerígenos para algunos trabajadores de las industrias madereras cabe citar el amianto (IARC: Grupo 1), que se utiliza como aislante en hornos y tuberías de vapor, los humos de escape de los motores diesel (IARC: Grupo 2A) utilizados en equipos móviles, y la creosota (IARC: Grupo 2A), que se utiliza como conservante de la madera en traviesas de vías férreas y postes telefónicos.

Se han realizado relativamente pocos estudios de cáncer entre trabajadores específicamente empleados en serrerías, fábricas de contrachapado o fábricas de tableros. El mayor de ellos fue un estudio sobre un grupo humano de más de 26.000 trabajadores de serrerías canadienses realizado por Hertzman y colegas (1997) para examinar el riesgo de cáncer asociado con la exposición a plaguicidas a base de clorofenol. Se observó un aumento del doble de cáncer sinonasal y un aumento menor de linfoma no Hodgkin. El aumento de linfoma no Hodgkin pareció estar asociado con la exposición a los clorofenatos. Los demás estudios realizados han sido de mucha menor envergadura. Jäppinen, Pukkala y Tola (1989) estudiaron a 1.223 trabajadores de serrerías finlandesas y observaron aumento de cánceres cutáneos, bucales y faríngeos, y de linfomas y leucemias.

Blair, Stewart y Hoover (1990) y Robinson y colegas (1986) estudiaron respectivamente a 2.309 y 2.283 trabajadores de fábricas de contrachapado estadounidenses. En un análisis conjunto de los datos de los dos grupos humanos, se observaron aumentos de cáncer nasofaríngeo, mieloma múltiple, enfermedad de Hodgkin y linfoma no Hodgkin. Los resultados no aclaran si tales aumentos pueden deberse a la exposición a riesgos profesionales ni, de ser así, a cuáles. Los estudios de menor envergadura han carecido de capacidad para examinar el riesgo de cánceres raros y muchos de los excesos observados se basaron en cifras muy pequeñas. Por ejemplo, no se observaron cánceres sinonasales, pero sólo se esperaba un 0,3 en el estudio de serrerías más pequeño, y 0,3 y 0,1 en los estudios de las fábricas de contrachapado.

## CUESTIONES AMBIENTALES Y DE SALUD PÚBLICA

*Kay Teschke y Anya Keefe*

### Aprovechamiento y eliminación de residuos de la madera

Entre los subproductos de la industria maderera que pueden provocar problemas ambientales cabe citar las emisiones aéreas, los efluentes líquidos y los residuos sólidos. La mayoría de estos

problemas se derivan de los residuos resultantes: astillas o serrín de las operaciones de transformación, corteza de las operaciones de descortezado y residuos de troncos en las vías fluviales de almacenamiento de troncos.

El serrín y otros productos pulverulentos del proceso plantean un peligro de incendio y explosión en los talleres. Para minimizar este peligro, el polvo puede eliminarse por medios manuales o, preferiblemente, recolectarse por medio de sistemas de ventilación por aspiración localizada y recogerse en filtros de mangas o ciclones. Los residuos de la madera de mayor tamaño revisten la forma de astillas. La mayor parte del serrín y de las astillas se utilizan precisamente en otros productos de madera (p. ej. tableros de partículas, pasta de madera y papel): cada vez es más normal este tipo de aprovechamiento a medida que aumentan los costes de eliminación de los residuos y aumenta la integración vertical de las compañías forestales. Sin embargo, el polvo fino y la corteza, por ejemplo, no son tan fácilmente aprovechables, por lo que es preciso buscar otros medios de eliminación.

La corteza representa a veces una buena parte del volumen del árbol, especialmente en regiones donde los troncos cortados son de pequeño diámetro. La corteza y el serrín fino y, en algunas operaciones, todos los residuos de la madera, incluidas las astillas, pueden quemarse (véase la Figura 71.6). Las operaciones tradicionales con técnicas ineficaces (p. ej. hornos con forma de colmena) producen diversos productos orgánicos derivados de una combustión incompleta. La contaminación del aire por partículas, que pueden producir "niebla", es una queja común en las proximidades de estos quemadores. En las serrerías donde se utilizan clorofenoles, también existe preocupación por la producción de dioxina y furano. Algunas serrerías modernas utilizan calderas cerradas de temperatura controlada para producir vapor para secaderos o electricidad para la fábrica o para otros usuarios. Otras venden sus residuos a fábricas de pasta de papel y papel, donde se quema para satisfacer sus grandes necesidades de energía (véase el capítulo *Industria del papel y pasta de papel*). Las calderas y otros quemadores suelen cumplir las normas de control de emisiones de partículas utilizando sistemas tales como precipitadores electrostáticos o depuradores húmedos. Para minimizar la quema de residuos de la madera, pueden encontrarse otros usos para la corteza y el serrín fino, como el compost o el pajuco en paisajismo, agricultura, reforestación y repoblación de vegetación en minas a cielo abierto, o el empleo como modificante de productos comerciales. Además, el uso de sierras de corte fino en el taller puede suponer una reducción drástica de la producción de serrín.

En ocasiones, la corteza, los troncos y otros residuos de madera se hunden en las áreas acuáticas de almacenamiento de troncos, recubriendo el fondo y matando a los microorganismos bentónicos. Para minimizar este problema, los troncos en remojo se atan juntos y se deshacen los atados en tierra, donde los residuos pueden recogerse fácilmente. Incluso con esta modificación, es preciso dragar los residuos hundidos periódicamente. Los troncos recuperados pueden utilizarse para madera, pero los demás desechos han de eliminarse. En la industria se ha utilizado tanto el vertido en tierra como en aguas profundas. Los efluentes del descortezado hidráulico pueden dar lugar a problemas similares; de ahí la tendencia al empleo de sistemas mecánicos.

Las pilas de astillas pueden crear problemas de escorrentías debidas a la lluvia, ya que la lixiviación de la madera incluye ácidos de las resinas, ácidos grasos y productos fenólicos que son muy tóxicos para los peces. El enterramiento de los desechos de la madera también produce lixiviación, que requiere medidas de mitigación para proteger las aguas subterráneas y superficiales.

Figura 71.6 • Cintas de transporte de desechos a un quemador tipo colmena.



Léanne Van Zwieten.

### Agentes antimanchas y fungicidas para la conservación de la madera

El tratamiento de la madera con fungicidas para evitar el desarrollo de manchas de origen fúngico ha dado lugar a la contaminación de las vías fluviales cercanas (a veces con gran mortandad de peces), así como a la contaminación del suelo. Los sistemas de tratamiento que implican el acarreo de madera atada a través de grandes tanques de inmersión descubiertos para desaguar en el patio de la serrería dan lugar a desbordamientos por aguas de lluvia y a escorrentías de largo recorrido. Los tanques de inmersión cubiertos con elevadores automáticos, cabinas de pulverizado en la línea de producción y zanjas o taludes de contención alrededor del sistema de tratamiento y de las áreas de secado de madera reducen en gran medida la posibilidad de que se produzcan derrames y sus repercusiones. Sin embargo, aunque las cabinas de pulverizado de agentes antimanchas reducen el potencial de exposición ambiental, pueden suponer una mayor exposición del trabajador situado aguas abajo que los tanques de inmersión que tratan la madera atada terminada.

La nueva generación de fungicidas que ha sustituido a los clorofenoles parece haber reducido los impactos ambientales. Aunque la toxicidad para los microorganismos acuáticos puede ser la misma, ciertos fungicidas sustitutos se fijan más firmemente a la madera, con lo que quedan menos biodisponibles y se degradan más fácilmente en el medio ambiente. Además, el mayor coste de muchos de los sustitutos y el coste del vertido han fomentado el reciclaje de los residuos líquidos y otros procedimientos para minimizar los residuos.

Los tratamientos por presión y temperatura a los que se somete la madera para proporcionarle una resistencia duradera a hongos e insectos se han aplicado tradicionalmente en instalaciones más cerradas que los tratamientos antimanchas y, por consiguiente, no tienden a producir los mismos problemas de residuos líquidos. El vertido de los residuos sólidos, incluidos los

lodos derivados de los tanques de tratamiento y almacenamiento, presenta problemas similares para los procesos en cabina. Entre las opciones posibles cabe citar el almacenamiento en contenedores estancos en taludes o zanjas impermeables, el enterramiento en un vertedero seguro y aislado hidrogeológicamente para residuos peligrosos o la incineración a altas temperaturas (p. ej., 1.000 °C) con tiempos de residencia especificados (p. ej., 2 segundos).

### Problemas especiales de las operaciones de elaboración de contrachapado y tableros de partículas

Los secaderos de chapas en las fábricas de contrachapado pueden producir una neblina azul característica, compuesta por

productos extractivos volátiles de la madera, como los terpenos y los ácidos de las resinas. Este problema tiende a aumentar en el interior de las fábricas, pero también puede darse en los penachos de vapor de agua de los secadores. Las fábricas de contrachapado y tableros de partículas suelen quemar los residuos de la madera para obtener calor para las prensas. Es posible utilizar métodos para el control de vapor y partículas, respectivamente, en estas emisiones aéreas.

Las aguas de lavado y otros efluentes líquidos de las fábricas de contrachapado y tableros de partículas pueden contener las resinas de formaldehído utilizadas como colas; sin embargo, actualmente es práctica habitual reciclar las aguas residuales para preparar las mezclas de colas.

### Referencias

- Blair, A, PA Stewart, RN Hoover. 1990. Mortality from lung cancer among workers employed in formaldehyde industries. *Am J Ind Med* 17:683-699.
- Bureau of the Census. 1987. *1987 Census of Manufacturers*. Washington, DC: US Department of Commerce.
- Demers, PA, P Bofetta, M Kogevinas, A Blair, B Miller, C Robinson, R Roscoe, P Winter, D Colin, E Matos, H Vainio. 1995. A pooled re-analysis of cancer mortality among five cohorts of workers in wood-related industries. *Scand J Work Environ Health* 21(3):179-190.
- Grupo de trabajo de la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC). 1995. *Wood Dust and Formaldehyde*. Vol. 62. Lyon: IARC.
- . 1981. *Wood, Leather, and Associated Industries*. Vol. 25. Lyon: IARC.
- Halpin, DMG, BJ Graneek, M Turner-Warwick, AJ Newman-Taylor. 1994. Extrinsic allergic alveolitis and asthma in a sawmill worker: Case report and review of the literature. *Occup Environ Med* 1(3):160-164.
- Hertzman, C., K Teschke, A Ostry, R Herschler, H Dimich-Ward, S Kelly, JJ Spinelli, R Gallagher, M McBride, SA Marion. 1997. Mortality and cancer incidence among a cohort of sawmill workers exposed to chlorophenol pesticides. *Am J Public Health* 87(1):71-79.
- Howard, B. 1995. *Fatal Claims in Sawmills. Analysis of Causes and Costs from 1985-1994*. Vancouver: Prevention Division, Workers Compensation Board of British Columbia.
- Jagels, R. 1985. Health hazards of natural and introduced chemical components of boatbuilding woods. *Am J Ind Med* 8:241-251.
- Jäppinen, P, E Pukkala, S Tola. 1989. Cancer incidence of workers in a Finnish sawmill. *Scand J Work Environ Health* 15:18-23.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). 1993. *Yearbook of Labour Statistics*. Ginebra: OIT.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1993. *Yearbook of Forest Products 1980-1991*. FAO Statistical Series P6, N°110. Roma: FAO.
- Robinson, C, D Fowler, DP Brown, RA Lemen. 1986. *Plywood Mill Workers Mortality Patterns 1945-1977*(NTIS Report PB-86 221694). Cincinnati, Ohio: US NIOSH.
- Statistics Canada. 1993. *Industry and the Class of Worker. The Nation*. Ottawa: Statistics Canada.
- Suchsland, O, GE Woodson. 1987. *Fiberboard Manufacturing Practices in the United States*. Agricultural handbook No. 640. Washington, DC: US Department of Agriculture, Forest Service.
- Tharr, D. 1991. A sawmill environment: Noise levels, controls and audiometric test results. *Appl Occup Environ Hyg* 6(12):1000.
- industries. En *Occupational and Environment Respiratory Diseases*, dirigido por P Harber, M Schenker y J Balmes. St. Louis: Mosby.
- Hausen, B. 1981. *Woods Injurious to Human Health—A Manual*. Berlin: Walter de Gruyter & Co.
- Koch, P. 1964. *Wood Machining Processes*. Nueva York: Ronald Press Company.
- Maloney, TM. 1977. *Modern Particleboard and Dry-process Fiberboard Manufacturing*. San Francisco: Miller Freeman Publications.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (NIOSH). 1977. *Health and Safety Guide for Sawmills and Planing Mills*. NIOSH Publication No. 78-102. Cincinnati, Ohio: US NIOSH.
- . 1977. *Health and safety guide for plywood and veneer mills*. NIOSH Publication No. 77-186. Cincinnati, Ohio: US NIOSH.
- Tatken, RL, CA Browning. 1987. *Health Effects of Exposure to Wood Dust: A Summary of the Literature*. Cincinnati, Ohio: US NIOSH.
- Timber Industry Ergonomics Group. 1977. *Better Working Environment in Sawmills—Today's Problems, Tomorrow's Environment*. Estocolmo: Sagverksindustriens kommitte for arbetsmiljöfrågor.
- Williston, EM. 1988. *Lumber Manufacturing, the Design and Operation of Sawmills and Planer Mills*. San Francisco, California: Miller Freeman Publications.
- Woods, B, CD Calnan. 1976. Toxic Woods. *Brit J Dermatol* 94 Supl. 13:1-98.

### Otras lecturas recomendadas

- Chan-Yeung, M, JL Malo. 1995. Occupational respiratory diseases associated with forest products

