



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

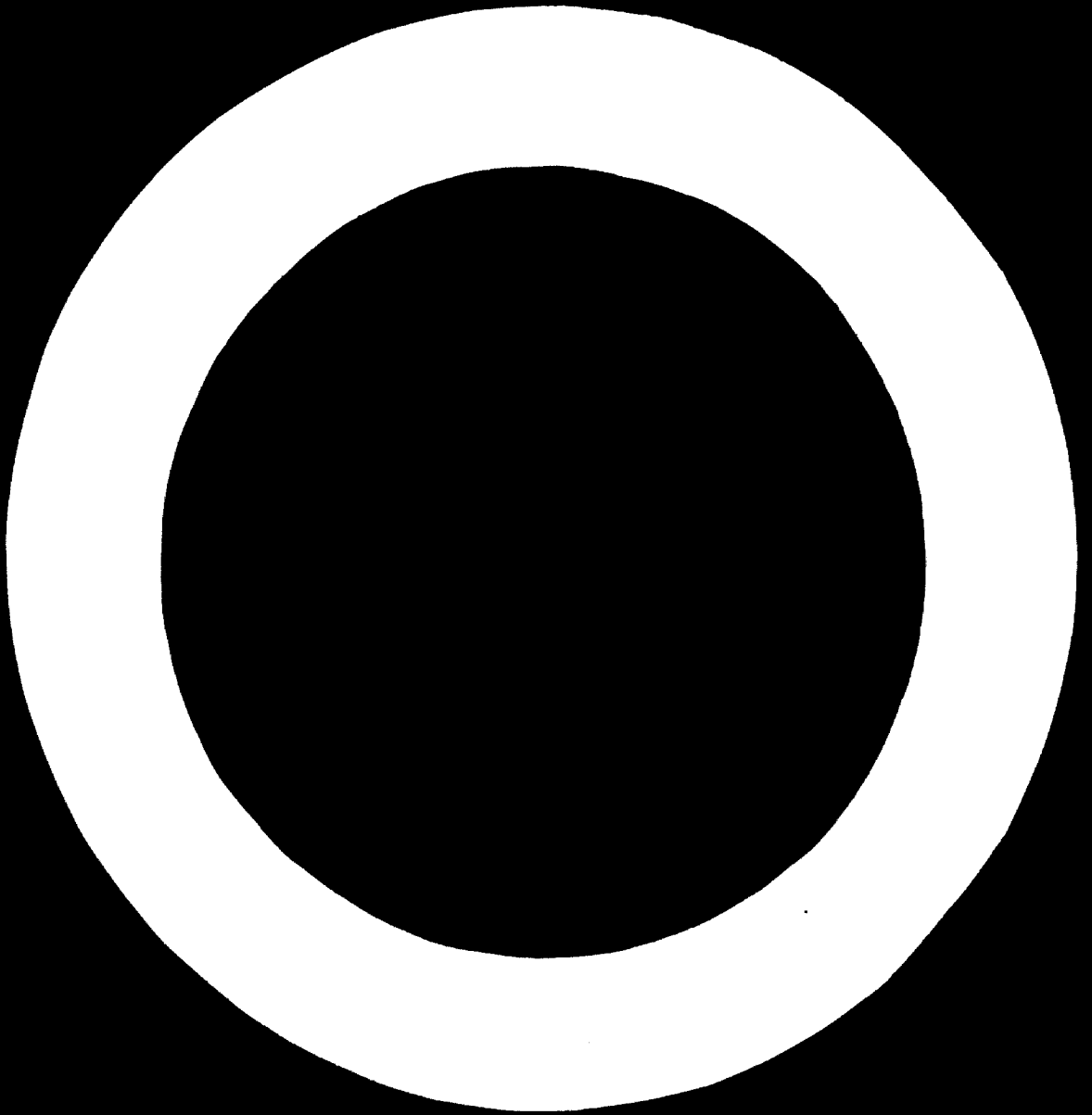
04906-S



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL

**INDUSTRIAS
DEL MUEBLE
Y DE LA EBANISTERIA
PARA PAISES
EN DESARROLLO**

**PRIMERA PARTE
INSUMOS DE MATERIAS PRIMAS**



Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Secretaría de las Naciones Unidas, juicio alguno sobre la condición jurídica de ninguno de los países o territorios citados o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras.

El material que aparece en este documento se podrá citar o reproducir con entera libertad, siempre que se mencione su origen y se nos remita un ejemplar de la publicación en que figure la cita o la reproducción.

PROLOGO

La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) ha organizado ya, en cooperación con el Gobierno de Finlandia, dos seminarios sobre las industrias del mueble y de la ebanistería. El primero tuvo lugar en Lahti y Tuusula, del 16 de agosto al 11 de septiembre de 1971; y el segundo, en Lahti del 6 al 26 de agosto de 1972. El éxito obtenido en ellos se debió, en no pequeña medida, a la hospitalidad y comprensión de las autoridades de Finlandia y de la industria finlandesa, que ofrecieron a los participantes esas valiosas oportunidades de conocer la amplia especialización de aquel país en materia de diseño, producción y comercialización de muebles.

Los seminarios tuvieron por objeto familiarizar a directores de fábricas de países en desarrollo con los aspectos modernos de planta, equipo y técnicas de producción, lo que les permite mejorar sus propias actividades y establecer prioridades para tal perfeccionamiento.

Asistieron a esos seminarios un total de 44 participantes procedentes de 26 países en desarrollo; en su mayor parte, eran directores técnicos e inspectores de producción de plantas de elaboración de la madera.

La serie de monografías aquí reunidas se basa en las conferencias pronunciadas en uno u otro de los seminarios, o en ambos. Muchas de ellas fueron complementadas con material ilustrativo que no se prestaba a la reproducción en la forma presente. Además de esas conferencias, los seminarios comprendieron demostraciones, debates y visitas a plantas de muebles y ebanistería de pequeño y mediano tamaño, fábricas de madera terciada y madera terciada con alma basta, e industrias de espumas de plástico para tapizado, pinturas y maquinaria para trabajar la madera, así como a instituciones de formación profesional y técnica.

Aunque estos estudios constituyen un todo coherente, ha parecido conveniente agruparlos en tres partes, encuadradas por separado, que versan respectivamente sobre insumos de materiales, tecnologías de elaboración y cuestiones de administración.

La presente publicación es la primera de esas tres partes y está constituida por artículos sobre los materiales que se utilizan para la fabricación de muebles y productos de ebanistería, como son la madera maciza, diversos tipos de tableros compuestos, materiales de tapizado, pegamentos y piezas metálicas que se emplean para montaje y ornamentación.

La segunda parte se refiere a la tecnología de elaboración. En ella se incluyen monografías sobre cuestiones tales como diseño de muebles, desarrollo de productos, distribución de la planta, operaciones de acabado y automatización de la planta.

En la tercera y última parte de la serie se tratan problemas y responsabilidades de administración en las esferas de control de calidad, gestión de la producción, comercialización y comercio de exportación, así como riesgos profesionales y medidas de seguridad en el trabajo.

Se espera que la publicación del material utilizado en los seminarios contribuya a una mayor comprensión de los resultados que pueden alcanzarse cuando las empresas del mueble y de la ebanistería se establecen en los países en desarrollo siguiendo procedimientos industriales

racionales y experimentados. Se espera asimismo que este material sea de utilidad para los profesores de instituciones de capacitación en los países en desarrollo.

Los lectores deberán tener en cuenta que, en algunos casos, los ejemplos mencionados y las descripciones presentadas se refieren a circunstancias propias de Finlandia, que tal vez no sean totalmente análogas a las de determinados países en desarrollo.

Las opiniones expresadas en los artículos son las de sus respectivos autores, y no reflejan necesariamente las de la ONUDI.

INDICE

	<u>Página</u>
Notas explicativas	
Introducción	6
1. La madera maciza como materia prima para las industrias del mueble y la ebanistería Pekka Paavola	7
2. Chapa, madera terciada y otros tableros a base de chapa Jaakko Meriluoto	9
3. Tableros de partículas Jaakko Meriluoto	29
4. La utilización de tableros de fibra para la construcción en la industria de la ebanistería Anjal Kaila	39
5. Propiedades y empleos de tableros laminados decorativos con base de papel Simo Hyvärinen	51
6. Empleo de colas y otros pegamentos en la fabricación de muebles y la ebanistería Jaakko Meriluoto	83
7. Los textiles como materiales para tapizado Eero Pellas	93
8. Espumas de plástico utilizadas en la industria del mueble Kristian Lindroos	119
9. El uso de cueros sintéticos como materiales de tapicería Gunnar Södermann	123
10. Herrajes y elementos de metal Seppo Aho	129
	135

NOTAS EXPLICATIVAS

Por "dólares" (\$) se entiende dólares de los Estados Unidos.

Por "toneladas" se entiende toneladas métricas.

En el presente documento se han utilizado las siguientes abreviaturas:

kN - kilonewton

kp - kilopondio

Fmk - Marcos finlandeses (\$1 = 4 Fmk aproximadamente)

N - Newton (100.000 dinas)

h.r. - humedad relativa

INTRODUCCION

Muchos de los países en desarrollo tienen la fortuna de contar con buenas reservas forestales, y todos ellos requieren alguna especie de vivienda y enseres domésticos. Pero a un país en desarrollo, incluso si carece de reservas forestales suficientes para cubrir sus necesidades, una industria rentable de elaboración de madera basada en materias primas importadas puede resultarle un elemento económico de importancia. Tal industria puede servir de base para satisfacer esa demanda, creando al mismo tiempo empleo, con lo que ayudará a elevar los niveles de vida.

Los países en desarrollo tienen un cuasi monopolio de las maderas tropicales, que son objeto de demanda creciente en los países desarrollados para fabricar muebles y productos de ebanistería de alta calidad. Sin embargo, el grueso de estas exportaciones se realiza todavía en forma de rollizos, que luego se elaboran en los países desarrollados para producir láminas, madera aserrada, muebles y productos de ebanistería, de modo que contribuyen muy poco a las economías de los países exportadores.

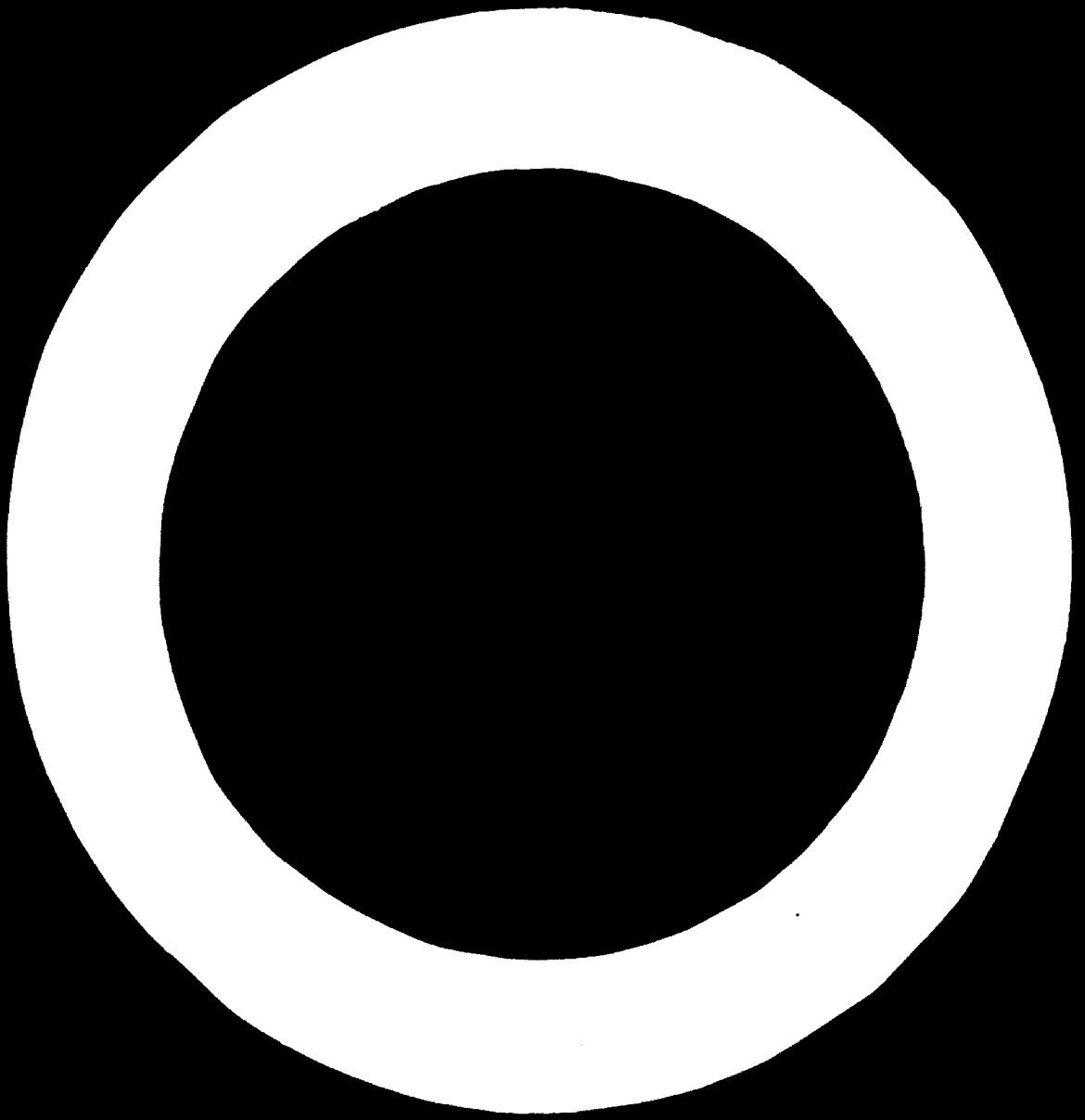
Prácticamente en todos los países en desarrollo, las industrias del mueble y de la ebanistería se encuentran todavía en una etapa artesanal, o de "artesanía mecanizada", es decir que todavía no se conoce la producción industrial en gran escala. Como la madera es una materia prima que se viene utilizando desde hace siglos en muchas formas diferentes, con frecuencia se encuentran grupos de carpinteros y otros trabajadores de la madera calificados.

Dado que la producción de muebles no constituye un proceso de fabricación difícil, que exija programas complejos de familiarización, resulta posible, con una planificación bien concebida, elevar muchas de las fábricas pequeñas ya existentes a la categoría de empresas industriales, prestándoles asistencia en materia de planificación de la producción, control de calidad, proyección técnica para producción en mayor escala, selección de equipo para modernizar los talleres, y organización de las tareas.

Sin embargo, las normas a que debe ajustarse la fabricación de muebles y componentes para los mercados de exportación son más estrictas que las que rigen para el mercado interno. Deben adquirirse nuevas tecnologías en lo relativo a secado en hornos, acabado de superficies y maquinado de precisión, dado que el transporte a otras condiciones climáticas, las exigencias de los clientes y la necesidad de enviar los productos desarmados impone el montaje de partes intercambiables.

Algunos países en desarrollo tienen bosques abundantes y, por lo tanto, cuentan con madera como recurso natural valioso y renovable, así como con abundante mano de obra; si a esto se agrega que tanto las técnicas como el capital requeridos por las industrias del mueble y de la ebanistería son relativamente bajos, se desprende que estos países deben esforzarse por aprovechar esta combinación y fijarse como meta la exportación a los mercados de los países desarrollados.

Aun en aquellos países en desarrollo que carecen de recursos forestales suficientes, el desarrollo de las industrias del mueble y de la ebanistería puede ayudar a reducir sus importaciones de estos productos, como también de las materias primas requeridas, mediante una utilización más racional de éstas.



1. LA MADERA MACIZA COMO MATERIA PRIMA PARA LAS INDUSTRIAS DEL MUEBLE Y LA EBANISTERIA*

La madera maciza, o de obra, solfa ser la materia prima básica tradicional de las industrias del mueble y de la ebanistería. Actualmente, su uso ya no es tan general, debido a los muchos tipos de tableros semiacabados que han aparecido en el mercado y que, por ser más baratos, han sustituido en muchos casos a la madera maciza en la fabricación de paneles para muebles. Esos tableros son fáciles de enchapar, barnizar y revestir de láminas de plástico y de metal. En vista de que en la fabricación de muchos productos modernos se combinan los componentes de madera maciza con paneles nechos a base de tableros de partículas y materiales similares, dichos componentes sólo representan una parte del producto final. Para reducir los costos de los materiales, se suele utilizar madera maciza barata enchapada con maderas preciosas. En la industria de la carpintería se emplea un método nuevo y muy interesante que consiste en recubrir los componentes para ventanas con una capa de material plástico.

Es evidente que en el futuro se utilizarán muchos materiales nuevos en lugar de la madera. Por otro lado, dado el atractivo aspecto de la madera natural, es difícilísimo sustituirla por otros materiales cuando se requieren productos de alta calidad. La madera maciza sigue siendo esencial en la mayoría de estructuras para la fabricación de muebles así como también en los productos de ebanistería.^{1/}

Madera empleada en las industrias del mueble y la ebanistería

Son muy diversas las propiedades que debe tener la madera que se utiliza en la fabricación de muebles y de productos de ebanistería. Es más, para diferentes partes de un mismo producto, es posible que se requieran propiedades muy dispares. Por eso, tiene importancia primordial la elección de materias primas apropiadas. Al seleccionar la madera es necesario tener en cuenta las siguientes propiedades:

- Resistencia y, al mismo tiempo, tenacidad, rigidez y dureza
- Estructura de la fibra: su homogeneidad, tonalidad y variaciones
- Propiedades de secado, como grado de merma o contracción, de hinchazón o dilatación y de torsión
- Idoneidad para el encolado
- Propiedades de acabado
- Propiedades de flexión (reacción al tratamiento con vapor y amoníaco)
- Trabajabilidad
- Resistencia a los efectos de la intemperie y a los daños producidos por insectos
- Densidad

* Monografía presentada al seminario por Pekka Paavola, Instituto Técnico de Lahti, Lahti (Finlandia). (Originalmente se publicó con la signatura ID/WG.105/22/Rev.1.)

^{1/} En los ejemplos que aparecen en el texto se ha empleado madera de abedul finlandés, pues aun el estudio de las más importantes especies tropicales habría sobrepasado el alcance del presente trabajo. Se ha añadido una bibliografía selecta que ayudará a los lectores de países en desarrollo a adaptar el material aquí presentado a las especies madereras de que disponen esos países.

Las propiedades de las diversas clases de madera son muy específicas; ciertas especies se adaptan mejor a determinados fines que otras. En cambio, no hay una madera ideal para todos los fines. Por ejemplo, la mayoría de las propiedades técnicas de la teca de India son excelentes; la estructura de su fibra y su tonalidad son hermosas, pero embota rápidamente las herramientas de trabajo y no es fácil de encolar debido a los aceites que contiene. El okumé africano se presta muy bien para el alma de los paneles de muebles enchapados debido a su baja densidad y a su estabilidad dimensional, pero no suele ser lo suficientemente resistente para sillas y piezas similares que han de soportar un peso considerable. Además, la afrormosia africana, que se usa con frecuencia en lugar de la madera de teca, posee buenas cualidades de trabajo y es fácil de secar, pero con el tiempo se oscurece perceptiblemente.

Para aserrar la madera empleada en la industria del mueble se puede emplear ya sea una sierra de bastidor (pequeños troncos, como los del abedul finlandés) o una de cinta (para grandes troncos, especialmente los de maderas tropicales). También se pueden emplear sierras circulares pero éstas se utilizan menos porque producen más desechos. (En el cuadro 1 se indican los grosores estándar de los tableros de abedul empleados en la industria del mueble en Finlandia.) Si bien en Europa se utiliza con harta frecuencia la madera no oanteada, en Norteamérica se suelen aserrar los troncos por todos los lados y con canto vivo a fin de maximizar la recuperación de la madera clasificada según las normas de la NHLA (National Hardwood Lumber Association). Después de aserrada, se suele secar la madera al aire en un depósito maderero, en donde se apilan los tableros colocando pilotes entre las distintas capas. Esta operación puede efectuarse ya sea en el aserradero o en la fábrica de muebles.

Cuadro 1

Grosos estándar de los tableros de abedul utilizados en la industria del mueble de Finlandia

<u>Grosor de la madera no elaborada</u>		<u>Después del cepillado superficial y del regruceamiento</u>
<u>Milímetros</u>	<u>Pulgadas</u>	
19	3/4	14
25	1	20
32	1 1/4	26
38	1 1/2	32
50	2	44
63	2 1/2	56

a/ La longitud media de las tablas es de 6 metros.

En una fábrica de muebles, las primeras fases del trabajo son las de secado artificial, tronzado o corte transversal y oanteado o rebordeado. En la figura I se muestra el principio que rige el corte transversal y el oanteado de tableros de manera que se eviten nudos y otros defectos de la madera y se obtengan piezas limpias para las partes expuestas de un producto. Por esta razón no suele ser necesario clasificar previamente los tableros. Sin embargo, en muchas piezas se permiten, hasta cierto punto, diversos defectos. En la industria del mueble, debido a las estrictas normas de calidad vigentes, es bastante elevada la cantidad de material de desecho, que, por lo general, equivale al 40 ó 60% del volumen de madera utilizada. A menudo, es posible reducir el consumo de materia prima mediante el encolado lateral de tiras

pequeñas cuando se necesitan componentes anchos. En la industria del mueble, suele estimarse el consumo de material tomando como base la superficie neta de tablero que se requiere para un componente determinado. Si se multiplica esa superficie por el grosor aproximado del tablero, se obtiene el llamado volumen neto. El volumen bruto, que sirve de base para contabilizar los costos, se obtiene multiplicando el volumen neto por el coeficiente de desecho (cuyo promedio es de 1,6 a 1,8, según la clase de madera, el tamaño de los componentes y las exigencias de calidad). En la figura II se da un ejemplo práctico de este tipo de estimación.

La madera destinada a la industria de la ebanistería suele ser sometida al proceso de canteado. La clasificación previa al corte transversal tiene poca importancia por la forma en que se manipula el material. Siguiendo el método tradicional, primero se seca la madera artificialmente y luego se corta transversalmente a dimensión. Se rechazan las porciones más afectadas por defectos (como se puede apreciar en la figura III). Los nudos más pequeños se taladran y rellenan. Un método nuevo consiste en cortar perpendicularmente la pieza en el punto defectuoso (figura IV). Los extremos se ensamblan a diente y luego se encolan uno con otro para formar un perfil continuo que se modela y recorta según las dimensiones requeridas.

Especies frondosas y coníferas

Existen dos especies de árboles de madera, a saber: las maderas duras o especies frondosas, que tienen hojas anchas, y las maderas blandas o especies coníferas, con hojas en forma de escamas, como las del cedro, o de aguja, como las del pino. Los términos maderas duras y maderas blandas no siempre guardan relación directa con el grado de dureza de la madera, aunque, en la práctica, la mayoría de las especies frondosas tienen en realidad una madera más dura que las coníferas. En la figura V se indican las regiones en donde se dan las especies frondosas y las coníferas. Las propiedades fundamentales de la madera son aproximadamente las mismas en ambas clases.

Las frondosas se dividen, además, en tres grupos, a saber:

De porosidad concéntrica (por ejemplo, arce, roble)

De porosidad semiconcéntrica (por ejemplo, *Hicoria alba*, teca)

De porosidad difusa (por ejemplo, caoba, palo rosa, nogal)

Los poros constituyen el corte transversal de los conductos de agua, que presentan el aspecto de pequeños orificios redondos u ovalados en la sustancia o masa de la madera cuando se corta un árbol en forma transversal (figura VI). En las especies de porosidad concéntrica, los vasos que se desarrollan al comienzo del ciclo de crecimiento son grandes y claramente visibles, en tanto que en las especies de porosidad semiconcéntrica, los poros están distribuidos de manera más uniforme en el anillo de crecimiento. En las especies de porosidad difusa, los poros suelen ser pequeñísimos y se hallan uniformemente distribuidos. La mayoría de las especies frondosas pertenecen al grupo de porosidad difusa.

Quando los vasos situados en la masa de la madera son grandes (como en el roble), forman ranuras visibles en la superficie de los tableros y empeoran la apariencia de la madera, la estructura de su fibra, su acabado, y también otras propiedades.

Figura I. Principio del corte transversal y del canteado de tableros en la industria del mueble

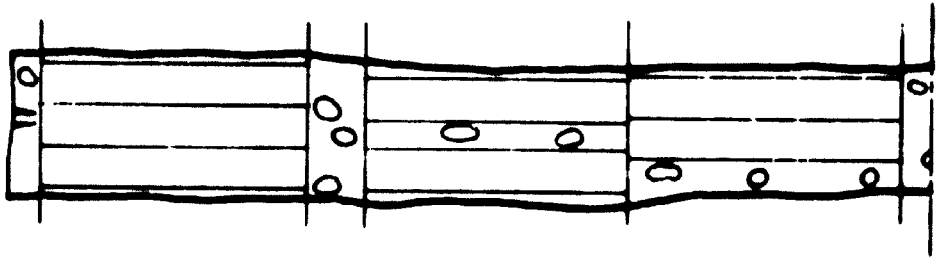


Figura II. Estimación del consumo de material

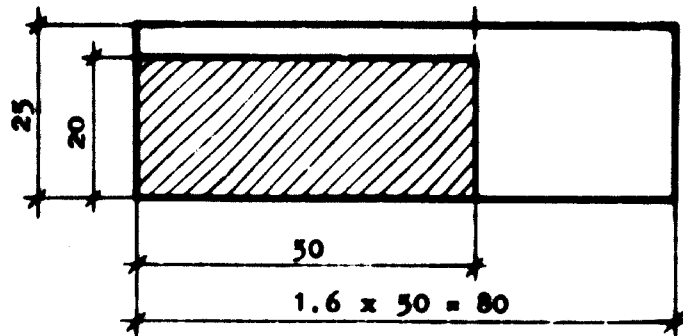
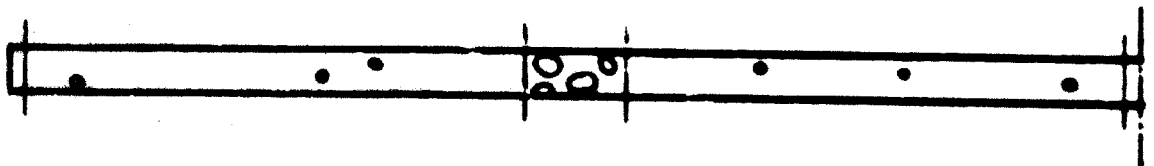


Figura III. Principio del corte transversal tradicional en la industria de la carpintería



Plano II. Ablicera ensamblada a diente en la industria de la cbaniterfa

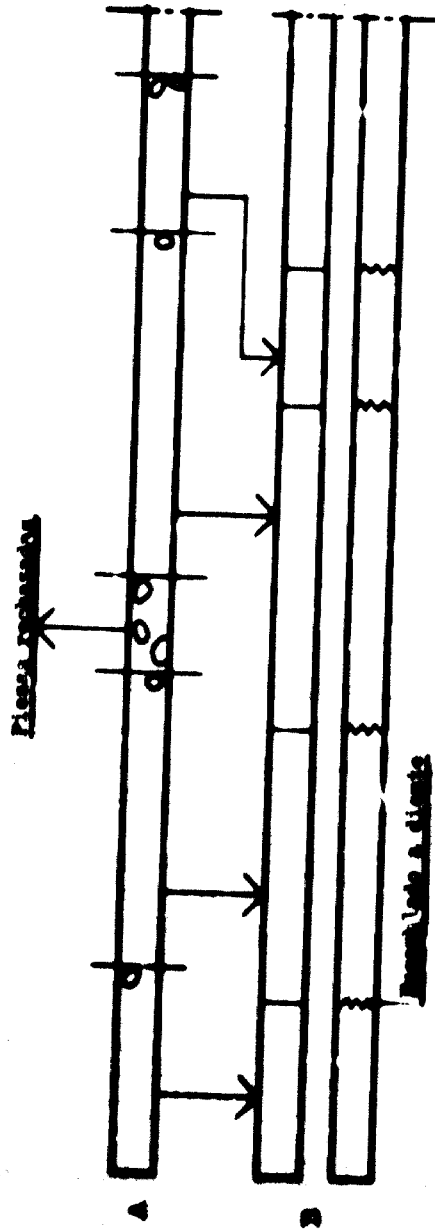
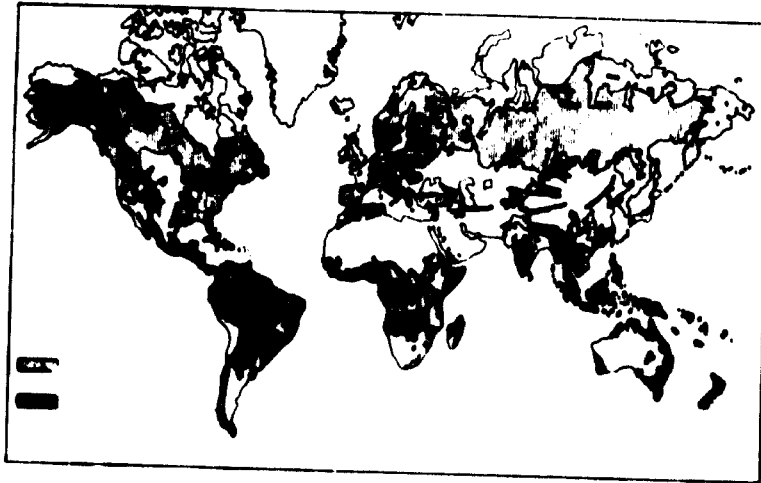
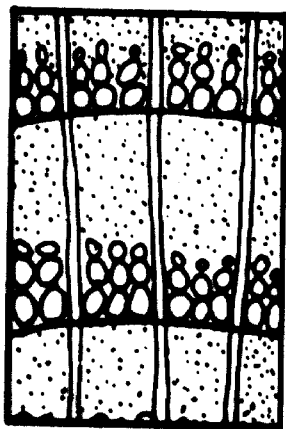


Figura V. Regiones en que se dan las especies frondosas y las coníferas

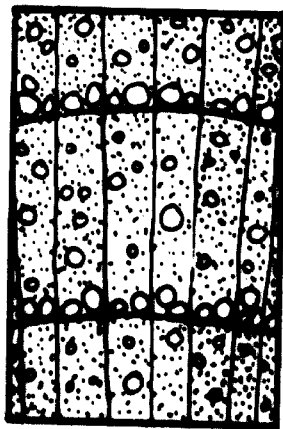


Nota: Espacios sombreados: especies frondosas y coníferas de zonas templadas y septentrionales; espacios oscuros: especies frondosas tropicales.

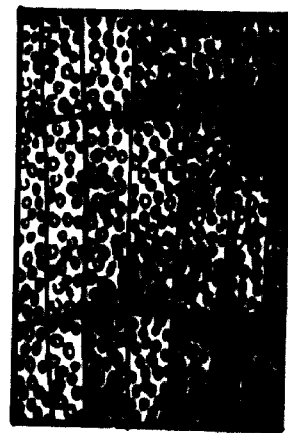
Figura VI. Principales tipos de frondosas



Porosidad concéntrica



Porosidad semiconcéntrica



Porosidad difusa

Factores que afectan a las propiedades de la madera

La vida de un árbol se divide en períodos de crecimiento y descanso. Cada uno de estos períodos produce un nuevo anillo de crecimiento alrededor del anterior. Cada dos períodos de crecimiento se registra uno de descanso causado por las variaciones estacionales (verano e invierno, estación lluviosa y estación seca). En las especies coníferas y en las especies frondosas de porosidad concéntrica se suelen ver claramente los anillos de crecimiento, en tanto que en las especies de porosidad difusa los anillos son muy indefinidos. En algunas regiones tropicales, el crecimiento puede ser prácticamente continuo durante todo el año, sin que se formen anillos de crecimiento bien definidos. En las frondosas, el rápido aumento del grosor produce una madera más pesada y con mayor resistencia. Por otro lado, en las coníferas se suele registrar una tasa de crecimiento calificada como óptima, que produce la mejor madera.

En un tablero aserrado, la estructura de la fibra en la superficie depende mucho de la dirección en que la madera haya sido aserrada. Como se muestra en la figura VII, las principales direcciones del aserrado son la longitudinal (L), la radial (R) y la tangencial (T).

Un tronco aserrado radialmente (en cuartos), producirá un dibujo estrecho a rayas. Si el tronco tiene rayos grandes y claramente definidos, éstos se cortarán y aparecerán como hojuelas en la superficie del tablero. El aserrado tangencial (aserrado sencillo) produce figuras más variadas, pero los rayos son visibles únicamente en sección transversal (figura VIII). Cuanto más claros sean los anillos de crecimiento, más resaltará la configuración de la fibra. La especie de árbol empleada determina la orientación que deberá seguir el aserrado para obtener figuras más atractivas en la superficie. En la mayoría de los casos, la dirección del aserrado superficial, por ejemplo, de una pieza para un mueble, es una intermedia entre las direcciones principales.

Las especies coníferas tropicales, especialmente, suelen tener un duramen de color acentuado que difiere claramente de la albura, de color más claro, que lo rodea; generalmente sólo se puede emplear el duramen para los muebles y productos de ebanistería. Por otro lado, la albura de las coníferas, debido a su color pálido, a veces resulta más valiosa que el duramen de color oscuro. En algunas especies de árboles existe muy poca o ninguna diferencia de color entre el duramen y la albura.

La densidad de la madera suele considerarse como el mejor criterio para juzgar sus características generales. Esto se debe a que todas las especies de madera están constituidas prácticamente por el mismo material (con una densidad aproximada de $1,5 \text{ g/cm}^3$) que se distribuye en diferentes proporciones según las distintas especies. La densidad afecta a las propiedades de la madera de la manera siguiente:

- a) Una madera pesada es más resistente que una liviana.
- b) Una madera pesada es más dura que una liviana, y su superficie suele ser más fácil de terminar.
- c) El empleo de una madera pesada aumenta el peso de las estructuras que se hagan con ella, pues sus dimensiones, como por ejemplo en los muebles, se basan primordialmente en el aspecto.
- d) Una madera pesada suele contraerse o dilatarse más que una liviana. Esta característica resulta muy desfavorable para la materia prima destinada a muebles y a productos de ebanistería.

Figura VII. Principales direcciones del aserrado de troncos

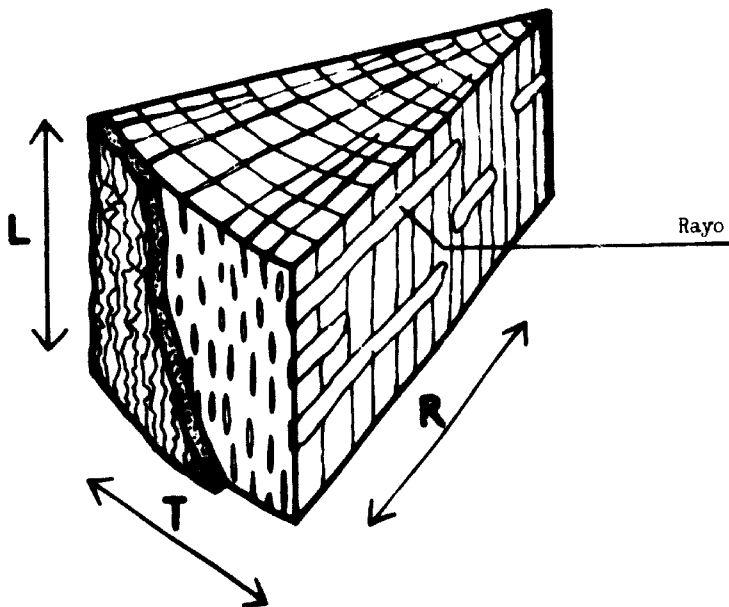
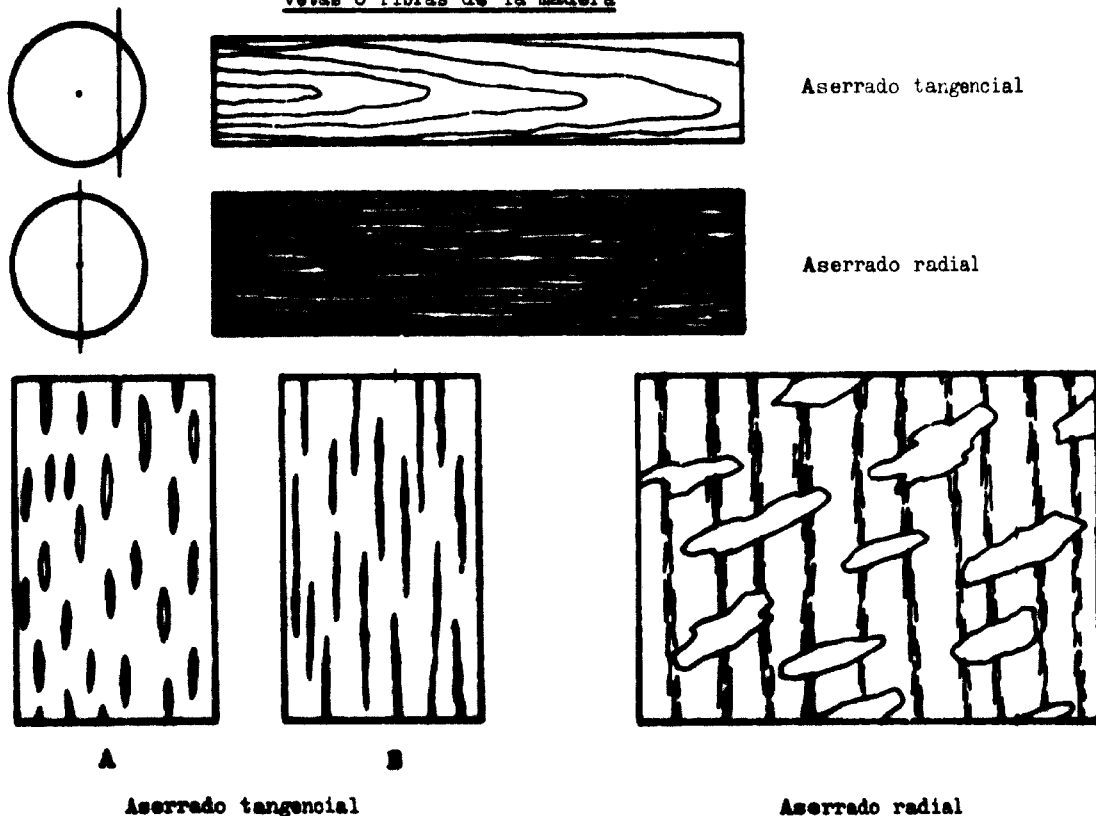


Figura VIII. Efecto de la dirección del aserrado sobre el dibujo de las vetas o fibras de la madera



Efecto de la humedad en la madera

La madera está compuesta por células higroscópicas que absorben y desprenden humedad según las condiciones del aire ambiente. La madera contiene una cantidad mayor o menor de agua en todas las circunstancias de servicio. El contenido de humedad de la madera se enuncia siempre como porcentaje del peso en seco. Para determinar ese contenido, se sierra una muestra del tronco y se efectúa la siguiente operación:

Ejemplo

Se pesa (m_u) la muestra sin haberla sometido a la operación de secado

$$m_u = 48,6 \text{ g}$$

Se somete la muestra a un secado absoluto en un horno de laboratorio, a una temperatura de 100 a 105°C

Se pesa la muestra secada al horno (m_o)

$$m_o = 36,2 \text{ g}$$

Se calcula el contenido de humedad (u) aplicando la siguiente fórmula:

$$u = \frac{m_u - m_o}{m_o} = \frac{48,6 - 36,2}{36,2} = \frac{12,4}{36,2} = 0,342 = 34,2\%$$

Este método da un resultado bastante preciso cuando se emplea una balanza ordinaria de laboratorio.

Existen higrómetros eléctricos de lectura directa que permiten la rápida medición del contenido de humedad de la madera. Sin embargo, no resultan tan exactos como el método de secado antes descrito, aunque, cuando el contenido de humedad es inferior al 20%, dan estimaciones suficientemente precisas.

La humedad presente en el tronco de un árbol en crecimiento suele estar distribuida de manera que la albura presenta un contenido de humedad considerablemente más elevado que el duramen. El contenido más elevado puede ser hasta del 200%, y el más bajo, del 30%. Las mayores diferencias se registran en las especies coníferas. Los tableros de madera no secada se secan sin sufrir al principio ninguna contracción porque toda el agua libre presente en las cavidades celulares se evapora en primer lugar; sólo después de eso comienzan a secarse las paredes celulares y a contraerse la madera. La etapa en que comienza el proceso de contracción se llama punto de saturación de la fibra (PSF), y el contenido de humedad en esta fase es de un 30%, en cualquier clase de madera. El contenido de humedad de los muebles y productos de ebanistería durante su fabricación y mientras están en servicio suele ser considerablemente inferior al PSF y, por lo tanto, se halla dentro de la gama de valores del contenido de humedad en que tienen lugar los procesos de contracción y dilatación.

Toda pieza de madera desprende humedad o la absorbe de la atmósfera hasta que la cantidad de humedad presente en la madera está en equilibrio con la atmosférica. El contenido de humedad de la madera en ese momento se denomina humedad de equilibrio. La madera en servicio se halla expuesta a cambios diarios y estacionales de la humedad relativa. Por lo tanto, siempre está sujeta, prácticamente, a variaciones, aunque sean pequeñas, del contenido de humedad, dada su tendencia a equilibrarse con la humedad relativa del aire ambiente. La finalidad práctica de todo método adecuado de secado, manutención y almacenamiento es reducir al mínimo las variaciones en el contenido de humedad de la madera en servicio, teniendo cuidado de que ésta,

al ser sometida a procesos de transformación o instalación, tenga un contenido de humedad correspondiente al promedio del existente en las condiciones atmosféricas a que se verá expuesta.

La humedad de equilibrio de la madera depende no solamente de la humedad relativa sino también de la temperatura del aire ambiente. Cuando se conocen las condiciones de servicio de la madera, se puede determinar su equilibrio higrométrico utilizando los valores que figuran en el cuadro 2. Estos valores son aplicables, con bastante precisión, a todas las especies de madera, para todos los fines prácticos. En el cuadro 3 se indican algunos valores obtenidos con base al cuadro 2.

La contracción y la dilatación de la madera cuando ésta se halla expuesta a variaciones de humedad constituyen las propiedades más desfavorables de este material. Como la contracción y la dilatación son fenómenos opuestos, se suele hablar solamente de la contracción. La madera se contrae en virtud de los principios siguientes:

- a) La contracción ocurre únicamente cuando el contenido de humedad de la madera se halla por debajo de su punto de saturación de la fibra (30%).
- b) La contracción del volumen (V) de una pieza de madera con un contenido de humedad de 0 a 30% equivale a la cantidad de agua desprendida. Por ejemplo, cuando se desprende un kilo de agua, la contracción del volumen de la madera es de 1 dm³.
- c) La contracción es mayor en sentido tangencial (T) que en sentido radial (R).
- d) La contracción en sentido longitudinal (L) es tan pequeña que no merece tenerse en cuenta en la práctica.
- e) En general, las especies de madera pesada se contraen más que las especies livianas. Sin embargo, los diversos materiales adicionales que contiene la madera dan lugar a excepciones a esta regla, por ejemplo en la teca.

Es posible comparar la estabilidad frente a las variaciones de humedad de las distintas especies de madera a base de su contracción máxima (cuadro 4).

Es relativamente fácil calcular los cambios dimensionales que sufren las piezas de madera a causa de las variaciones ocurridas en su contenido de humedad. Por ejemplo, el problema siguiente se resuelve de la manera indicada a continuación: ¿cuál será la contracción de una tabla de caoba de 100 mm de anchura, cortada tangencialmente a los anillos de crecimiento, cuando su contenido de humedad se reduce del 20% al 10%?

Contracción máxima ^{2/}	=	5,1%
Anchura original (20% de humedad)	=	100 mm
Cambio del contenido de humedad (20% a 10%)	=	10%
Punto de saturación de la fibra	=	30%

Contracción del tablero = 5,1% x 100 mm x $\frac{10\%}{30\%}$

= 0,051 x 100 x $\frac{0,10}{0,30}$ mm

= 1,7 mm

De manera análoga, se puede calcular la dilatación resultante del aumento del contenido de humedad.

^{2/} Véase el cuadro 4, página 20.

Cuadro 3

Humedad de equilibrio de la madera

<u>Humedad relativa del aire (porcentaje)</u>	<u>Temperatura (°C)</u>	<u>Humedad de equilibrio de la madera (porcentaje)</u>
40	20	7,6
	30	7,3
	40	7,0
50	20	9,1
	30	8,8
	40	8,4
60	20	10,8
	30	10,5
	40	10,0
70	20	13,0
	30	12,6
	40	12,1
80	20	16,1
	30	15,7
	40	15,0
90	20	20,8
	30	20,0
	40	19,3
100	20	Punto de saturación de la fibra - 30%
	30	
	40	

La contracción y la dilatación de la madera suponen los siguientes inconvenientes:

- a) Las dimensiones de las piezas sufren modificaciones.
- b) Aparecen deformaciones en la sección transversal de las piezas porque la contracción es considerablemente mayor en el sentido T que en el sentido R (figura IX).
- c) Si se impide la libre evolución de las deformaciones, se producen tensiones internas nocivas en las piezas.

Por consiguiente, en la fabricación de muebles y de productos de ebanistería se siguen dos principios posibles: o se permite la libre evolución de las deformaciones (figura X), o se impide por completo su aparición (figura XI).

Cuadro 4

Peso y contracción máxima de la madera de algunas especies importantes

<u>Especies</u>	<u>Densidad a un 0% de humedad</u> <u>(g/cm³)</u>	<u>Contracción máxima^{a/}</u>			
		<u>L</u>	<u>R</u>	<u>T</u>	<u>V</u>
		<u>(porcentaje)</u>			
Pino de Douglas (<u>Pseudotsuga taxifolia</u>)	0,51	0,3	5,0	7,8	13,0
Roble fresnal (<u>Quercus pedunculata</u>)	0,65	0,4	4,0	8,8	13,0
Nogal europeo (<u>Juglans regia</u>)	0,64	0,5	5,4	7,5	13,9
Teca (<u>Tectona grandis</u>)	0,63	0,6	3,0	5,8	9,4
Caoba de Venezuela (<u>Swietenia mahagoni</u>)	0,55	0,3	3,2	5,1	8,9
Okumé (<u>Aucoumea klaineana</u>)	0,31	0,2	4,1	6,6	10,9

a/ L = longitudinal, R = radial, T = tangencial, V = volumen.

Secado de la madera

Al examinar la operación de secado de la madera conviene tener en consideración los aspectos siguientes:

- a) Los troncos se sierran "húmedos" y el contenido de humedad de la madera suele estar muy por encima del punto de saturación de la fibra.
- b) El objeto del secado es obtener un contenido de humedad que corresponda a las condiciones a que se hallará expuesta posteriormente la madera cuando entre en uso.
- c) La humedad en la madera seca debe estar distribuida en forma pareja y la madera ha de estar libre de tensiones. Estos resultados pueden obtenerse únicamente mediante un proceso correcto de secado.

La madera se seca al aire o en horno. En el secado al aire, se apilan las tablas utilizando separadores entre las distintas capas, como se indicó anteriormente. Las pilas han de estar siempre bajo techo, pues es muy grande el riesgo de deterioro a causa de insectos y mohos, particularmente en olimas tropicales. En el patio o almacén de depósito se suele disponer la madera en pilas colocadas en hileras rectas y separadas por pasadizos estrechos (de 1 a 2 metros de anchura). Para el transporte se han de dejar caminos más anchos (de 8 a 10 metros) entre las pilas. Actualmente, el transporte se suele efectuar utilizando apiladores de horquilla o tractores-remolques; ha llegado a quedar obsoleto el uso de vagonetas de vía o trocha estrecha. Las trayectorias principales suelen estar orientadas en la dirección del viento más frecuente. El piso debe ser horizontal y ha de estar cubierto de grava o cascajo, de manera que pueda pasar el agua; además, ha de ser lo suficientemente duro para soportar el transporte. Es preferible utilizar bloques de hormigón para la base de las pilas, a fin de que circule el aire por debajo de la madera apilada. Estos bloques deben tener una altura media de unos 60 a 80 cm.

Figura IX. Deformaciones por contracción, en cortes transversales

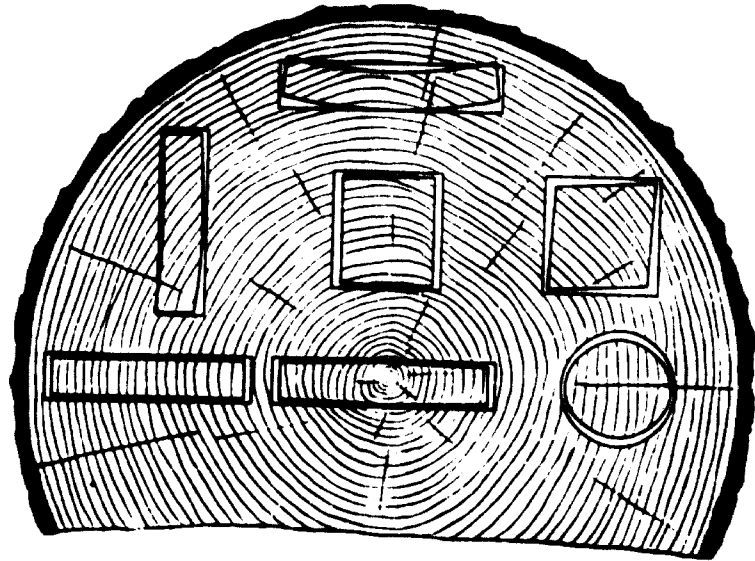


Figura X. Construcción con barras para que las deformaciones se desarrollen libremente

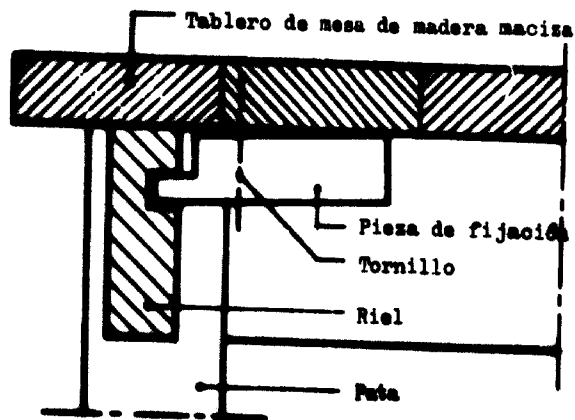


Figura XI. Construcción que impide el desarrollo de deformaciones

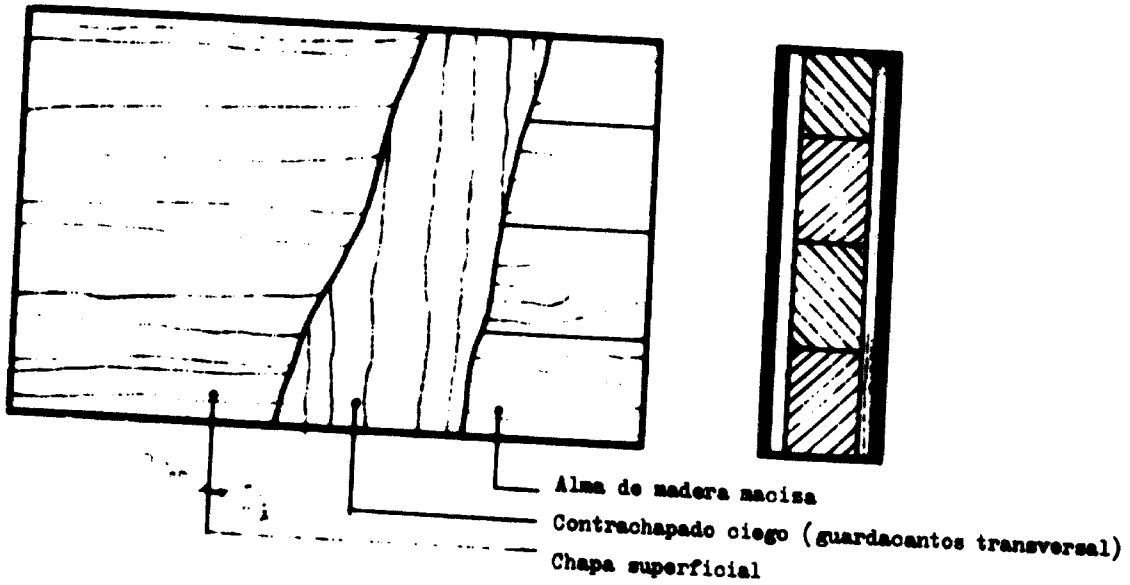
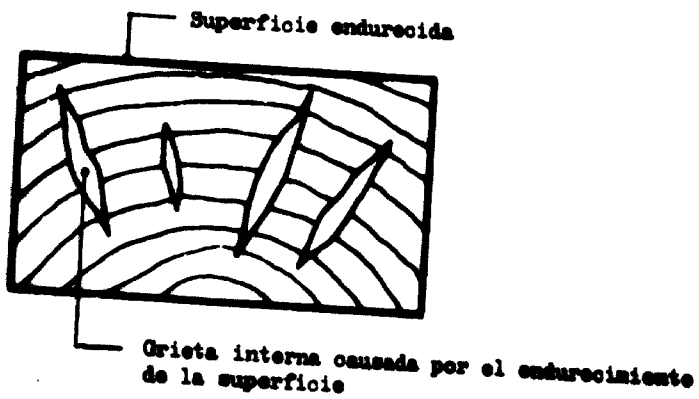


Figura XII. Efecto del endurecimiento superficial



El principio del secado en horno es reducir el contenido de humedad de la madera gradualmente mediante la aplicación de calor. (El aire caliente puede contener más agua que el aire frío.) En el horno de secado se va sustituyendo el aire húmedo por aire seco hasta que la madera haya alcanzado la humedad de equilibrio deseada. Se precisan una gran atención y un control minucioso de todas las fases del proceso para que la operación de secado sea satisfactoria. Las especies frondosas, especialmente si se trata de tableros gruesos, ofrecen dificultades especiales para el secado. Si el secado en horno comienza demasiado rápidamente, se endurece la superficie, dando como resultado el agrietamiento interior del tablero (figura XII) o la presencia de curvaturas o alabeos. Toda la carga de madera sometida a la operación de secado en horno puede quedar inutilizable si esta operación se realiza sin el cuidado necesario.

La práctica general es secar en el horno la madera destinada a la fabricación de muebles y de productos de sbanisterfa hasta que se obtenga un contenido de humedad ligeramente menor que el que exigen las condiciones de servicio, contándose con un aumento moderado de ese contenido durante los períodos de almacenamiento y fabricación. Con esta práctica se pretende asegurar la distribución uniforme de la humedad entre las distintas piezas. Si el valor mínimo de la humedad de equilibrio de una madera que se utilice en interiores durante una estación determinada es, por ejemplo, del 10%, el contenido de humedad seleccionado para la madera destinada a la fabricación de muebles puede ser de un 8%.

En el cuadro 5 figura un programa de secado adecuado para ciertas especies de frondosas (Lophira alata var. procera, hickory genuino, iroko, caoba, makoré, roble, ramín, palisandro, sapela, teca, yang). Durante la operación de secado, es necesario mantener, en la atmósfera del horno, la humedad relativa del aire indicada (columna 5) hasta que el contenido de humedad de la madera haya disminuido al valor dado en la columna 1. El proceso de secado se controla tomando muestras, con frecuencia, del horno (a través de una pequeña portezuela), a fin de determinar el contenido de humedad. Evidentemente, estas muestras se cortan de la madera que se va a secar antes de cargar el horno.

Normas de calidad de la madera aserrada destinada a la fabricación de muebles

No existen normas internacionales de calidad para la madera aserrada destinada a servir de materia prima para la fabricación de muebles, aunque sí las hay para la madera aserrada de coníferas destinada a la construcción. En Norteamérica es práctica común clasificar la madera según las normas de la NHLA, en tanto que, en Europa, se vienen aceptando cada vez más las normas de clasificación para madera aserrada de coníferas que se aplican a las exportaciones de Malasia, cuando se trata de especies procedentes del Asia sudoriental. Como ya se ha mencionado, en la fabricación de muebles la clasificación de los tableros no responde a su finalidad. Cada fabricante de muebles prepara sus propias normas de clasificación en que se define la calidad de la madera necesaria para cada una de las partes de un producto. Las normas suelen abarcar de tres a cinco categorías o clases, según el tipo de productos que se fabriquen. Estas clases se refieren a la calidad de cada uno de los componentes o piezas ya cortadas, y no a la de los tableros enteros. El tamaño y número de los defectos permisibles en cada categoría de clasificación de un tablero deben estar especificados con precisión. En

^{3/} Véase también el artículo 14 de la segunda parte, que trata de la proyección técnica de productos, (por Pekka Paavola).

Cuadro 5

Programa de secado en horno aplicable a la madera de
ciertas especies frondosas

Contenido de humedad de la madera (porcentaje)	Temperatura del horno de secado			Humedad relativa del aire (porcentaje)	Humedad de equilibrio de la madera (porcentaje)
	Termómetro seco (°C)	Termómetro húmedo (°C)	Diferencia (°C)		
Desde la madera verde hasta la de 60%	40	38	2		
de 60 a 25	45	42	3	90	19,5
de 25 a 20	51	46	5	82	15,6
de 20 a 16	57	49	8	74	12,5
de 16 a 13	63	52	11	65	10,0
de 13 a 10	70	54	16	55	8,0
Hasta del 8%	70	62	8	46	6,3
				70	10,0

la lista de piezas se anota el grado de calidad requerida para cada una de ellas. Si se aplica una clasificación de cuatro categorías, los usos a que éstas se destinan pueden ser los siguientes:

- Clase I - Las partes permanentemente expuestas, como los tableros de mesa, los frentes de gavetas y las patas de silla
- Clase II - Las partes temporalmente expuestas, como los laterales de gavetas y las piezas traseras
- Clase III - Las partes no expuestas, como los componentes de fijación y las partes que habrán de pintarse
- Clase IV - Las piezas ciegas para alma (partes que se han de enchapar)

En la tabla técnica de control empleada por los fabricantes daneses de muebles (Technical Protocol of the Danish Furnituremakers Control) se definen como sigue las normas aplicadas a la madera sélida destinada a la fabricación de muebles de alta calidad:

Maderas. Todos los materiales han de ser de buena calidad.

Coníferas. Toda la madera de coníferas que se emplee deberá estar sana y libre de infecciones originadas por mohos o insectos. Las maderas de coníferas deberán carecer de bordes de corteza tosca, agallas resiníferas, grietas, rajaduras o nudos "muertos" (es decir, nudos negros o sueltos).

Ocasionalmente, se pueden tolerar nudos verdes, siempre que éstos no tiendan a debilitar la estabilidad total del mueble o de sus partes, como, por ejemplo, en ensambladuras constructivas especiales de muebles. Sin embargo, el tamaño de los nudos verdes nunca deberá ser mayor de la cuarta parte del ancho del material, y su diámetro no deberá sobrepasar los 20 mm.

Especies frondosas. La madera de frondosas que se utilice será sana y libre de defectos causados por infecciones de mohos o insectos. No podrá tener grietas ni rajaduras como tampoco otros defectos, y, en general, no se tolerará la presencia de nudos.

En las maderas de especies frondosas cuyo duramen presente una formación específica, como el roble, la teoa, la caoba y el palisandro, no se admitirá la presencia de albura. Si se trata de madera de nogal francés, italiano o de otra región europea, puede utilizarse la albura.

Para la fabricación de muebles, sobre todo de mesas y sillas, cuyo diseño y construcción exijan condiciones especiales de resistencia, las maderas de punteado anular, como el arce, la caoba y la teoa, no deben ser de textura demasiado "suave", es decir, de crecimiento demasiado lento. Si se utiliza ese tipo de madera para la fabricación de muebles, la anchura de los anillos incrementales, es decir, de las zonas de crecimiento de la madera, no debe ser, en general, menor de 2,5 a 3 mm.

Bibliografía

- Armstrong, F.H. Mechanical and physical properties of some Brazilian timbers. Londres, 1945.
- Balan Menon, P.K. Uses of Malayan timbers. Kuala Lumpur, 1958.
- Bayly, D.R. Important commercial timbers of Sarawak. Melbourne, 1955.
- Bellosillo, S.B. y R.J. Miciano. Progress report of mechanical properties of Philippine woods. Manila, 1959.
- Boerhave, W. y Beekman. Elsevier's wood dictionary. Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1966. 3 tomos.
- Bolsa, E. y N.H. Kloot. The mechanical properties of 81 New Guinea timbers. Melbourne, 1966.
- Brough, J.C.S. Timbers for woodwork. Londres, 1964.
- Brown, H.P., A.J. Panahin y C.C. Forsath. Textbook of wood technology. Nueva York, McGraw-Hill, 1943 y 1952. 2 tomos.
- Brush, W.D. Teak. Washington, 1945.
- Burgess, H.J. Malayan timber for flooring. Kuala Lumpur, 1956.
- Burgess, H.J. Strength groupings of Malayan timbers. Kuala Lumpur, 1956.
- Dadswell, H.E. Timbers of the New Guinea region. Melbourne, 1945.
- Dadswell, H.E. y A.M. Eckerley. Some timber species of Papua and New Guinea with descriptive notes on properties and uses and means of identifications. Melbourne, 1943.
- Desch, H.E. Timber, its structure and properties. Londres, Macmillan, 1968.
- Desch, H.E. y A.V. Thomas. Timber utilization in Malaya. Kuala Lumpur, 1940.
- Edwards, J.P. Malayan timbers for export. Kuala Lumpur, 1947.
- Forest products: their sources, products and utilization. Por A.J. Panahin et al. Nueva York, McGraw-Hill, 1950.
- Henderson, F.Y. Timber, its properties, pests and preservation. Londres, Lockwood, 1946.
- Jackson, F.W. Durability of Malayan timbers. Kuala Lumpur, 1957.
- Kloot, H.H. y E. Bolza. Properties of timbers imported into Australia. Melbourne, 1961.
- Kollman/Coté. Solid wood. Nueva York, 1968.
- Limaye, V.D. y L.N. Seaman. Physical and mechanical properties of woods, grown in India. Dehra Dun, 1933.
- Longwood, Franklin R. Present and potential timbers of the Caribbean with special reference to the West Indies, the Guianas and British Honduras. Washington, 1962.
- Menon, K.D. Susceptibility of commercial species of Malayan timbers to powderpost beetle attack. Kuala Lumpur, 1957.
- Menon, K.D. Uses of Malayan timbers. Kuala Lumpur, 1958.
- Menon, K.D. y H.J. Burgess. Malayan timbers for furniture. Kuala Lumpur, 1957.
- Orman, H.B. Strength properties of some Kauris of the South West Pacific, with special reference to Fijian Kauri. Wellington, 1949.

- Stevens, W.C. y C.H. Pratt. Kiln operator's handbook. Princes Bisborough, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, Forest Products Research Laboratory.
- Tamasis, F. y L. Ag. Important commercial timbers of the Philippines, their properties and uses. Manila, 1951.
- Thomas, A.V. Malayan timbers: Bintangor, Geronggang and Terentang. Kuala Lumpur, 1950.
- Thomas, A.V. White and yellow meranti timber. Kuala Lumpur, 1950.
- Thomas, A.V. Malayan timbers: Mengkulang, Marsawa and Pumah. Kuala Lumpur, 1950.
- Thomas, A.V. Malayan timbers: Jelutong and Nyatun. Kuala Lumpur, 1950.
- Titmus, F.H. Commercial timbers of the world. Londres, Technical Press, 1965.
- Twenty West African timber trees. Por L. Chalk et al. Oxford, 1933.
- Wallis, N.K. Australian timber handbook. Sydney, 1963.
- Wyatt-Smith, J. Standard timber names of Indonesia, Malaya, North Borneo, and Sarawak. Kuala Lumpur, 1958.

2. CHAPA, MADERA TERCIADA Y OTROS TABLEROS A BASE DE CHAPA²

Chapas

Las chapas tienen muy diferentes aplicaciones en las industrias del mueble y de la ebanistería; cabe considerarlas como uno de los materiales básicos de estos sectores. Las chapas pueden utilizarse para revestir tableros de materiales baratos (madera maciza, tableros de partículas, etc.) con objeto de mejorar las propiedades y el aspecto de la superficie del objeto. El chapeado de tableros es una fase esencial de trabajo en la industria de la ebanistería.

Las chapas se obtienen mediante aserrado, rebando o desenrollado (corte por movimiento circular) de troncos cortados con arreglo a determinadas dimensiones (figura I). La elección del método depende del tamaño del tronco y de la disposición deseada de las fibras. Los troncos grandes (maderas tropicales) suelen rebandarse, mientras que los más pequeños se desenrollan. El aserrado es un método que se utiliza con poca frecuencia para la obtención de chapas, pero pueden existir razones para recurrir a él, como en el caso del abedul veteadado finlandés. En el desenrollado o rebando, el espesor de las chapas varía entre 0,1 y 6 mm.

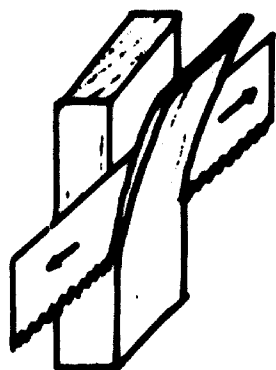
Las chapas utilizadas en las industrias del mueble y de la ebanistería^{1/} deben ser de gran calidad. Han de ser sólidas, suaves (calidad técnica de las chapas) y hermosas, tanto en lo que respecta a la calidad de la madera como a la disposición de las fibras. La materia prima es el elemento básico para la fabricación de chapas de buena calidad; la presencia de defectos tales como nudos, grietas, pudrición y pérdidas de color en los troncos dificulta la producción de chapas. Otro factor importante es el estado de la materia prima durante el proceso de transformación. Debe prestarse especial atención a la temperatura y a la humedad del tronco. Aumentando la temperatura del tronco, la calidad de la chapa mejora. Esta relación de dependencia es similar en diferentes especies. Por ejemplo, al obtener chapas de abedul finlandés, el desenrollado debe efectuarse a una temperatura mínima de +30 a 35°C (85 a 95°F), como se indica en la figura II. Para lograr la temperatura necesaria, se precisa la inmersión de los troncos en vapor o agua caliente.

Asimismo, al aumentar el contenido de humedad del tronco mejora la calidad de la chapa. El contenido mínimo de humedad es de aproximadamente un 75% (figura II). Si no se alcanzan estos límites, habrá defectos en la chapa: aumentarán las desigualdades del espesor, la superficie será áspera y se producirán grietas. Son típicas las grietas que se forman en la superficie inferior de la chapa (figura III).

² Memoria presentada al seminario por Jaakko Meriluoto, Instituto Técnico de Lahti, Lahti (Finlandia). Publicación originalmente con la signatura ID/WG.105/23 Rev.1).

^{1/} Véase también la parte segunda, artículo 17 (de Pekka Paavola, sobre la tecnología de la industria del mueble) y artículo 18 (de Juhani Jantunen, sobre la tecnología de la industria de la ebanistería).

Figura I. Métodos de cortar chapas



Aserrado

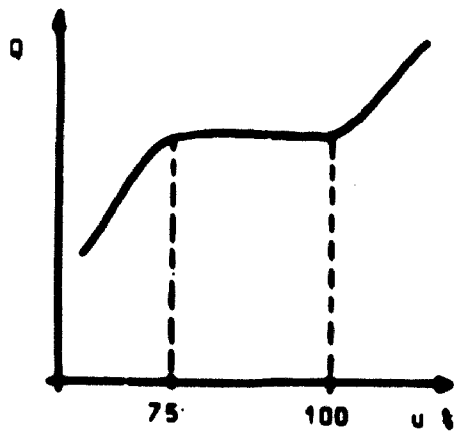
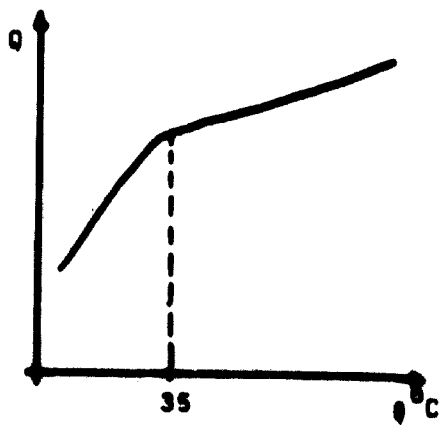


Rebanado



Desenrollado

Figura II. Relación entre la calidad de la chapa y la temperatura y la humedad del tronco de que se corte

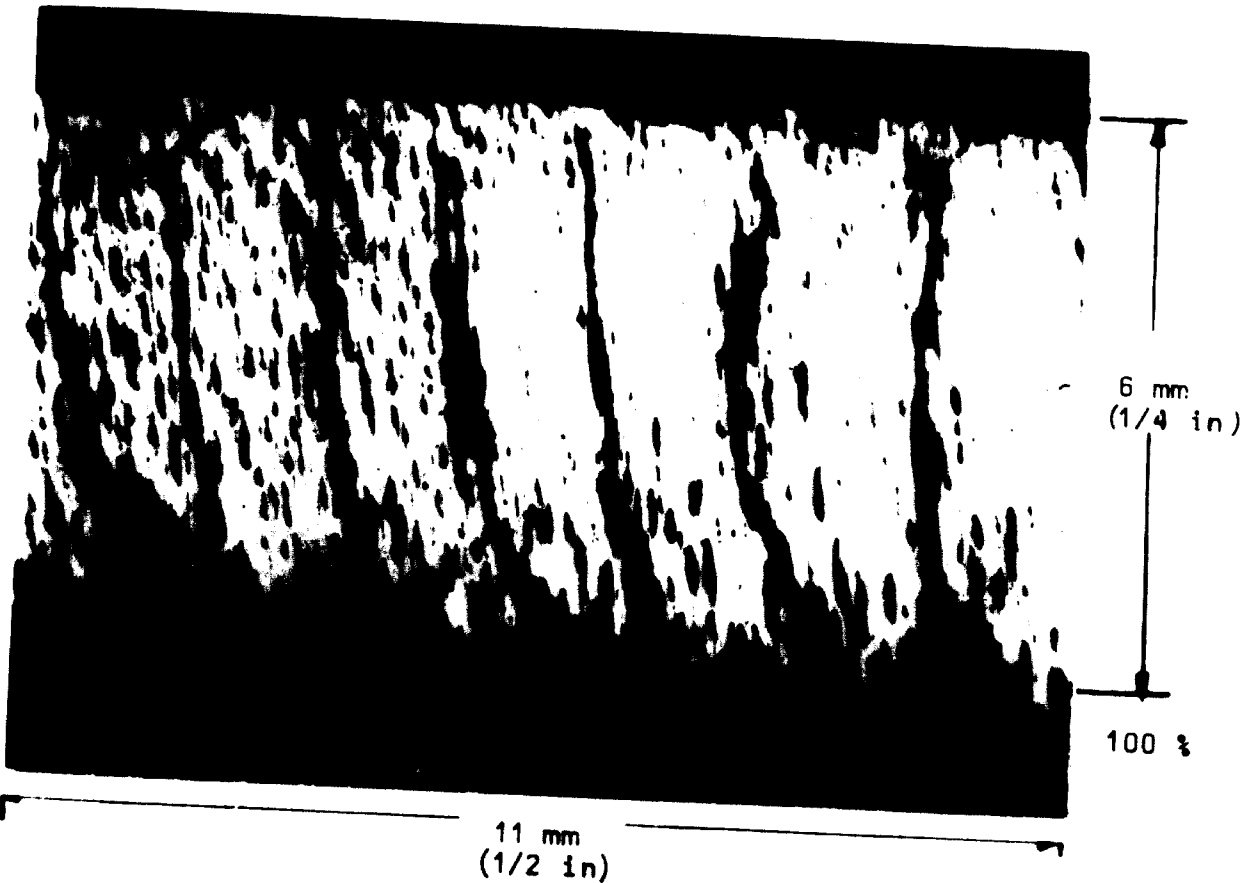


- Q = Calidad de la chapa
- t = Temperatura del tronco
- u = Contenido de humedad del tronco.

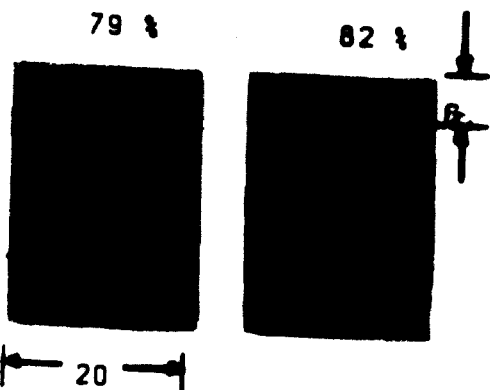
Figura III. Rugosidad y agrietamiento superficial de la chapa



a) Sistema "línea de sombra"



b) Grietas a través de la chapa



c) Grietas producidas durante el corte de la chapa

El tercer grupo de factores que afecta a la calidad de la chapa consiste en parámetros relacionados con la máquina propiamente dicha o con sus cuchillas. Algunos de estos parámetros son la velocidad de corte, los ángulos de corte, la ubicación de las cuchillas y el que se evite la curvatura del tronco (contrapresión detrás de éste). Las velocidades de corte deben ser constantes, y corresponder a las velocidades óptimas requeridas por las diversas especies madereras. Los ángulos de corte (cuchillas: ángulo de ataque, ángulo de corte de la punta y ángulo de incidencia; barra compresora: ángulo de presión, ángulo de la barra compresora y ángulo de incidencia) dependen del tipo de madera y del tamaño del tronco (figura IV a)). Debe prestarse particular atención a los respectivos emplazamientos de la cuchilla y de la barra compresora. Al efectuar el corte, la chapa debe comprimirse algo para mejorar la lisura de la superficie y evitar que se produzcan grietas. El grado de compresión (presión de la barra compresora) varía entre un 15 y un 20% (figura IV b)). Cuando se emplean grandes troncos, los ángulos de montaje (por ejemplo, el ángulo de incidencia) varían durante el desenrollado. El torno debe equiparse entonces con un dispositivo automático de montaje. Como se muestra en el cuadro 1, las diferentes especies madereras requieren diversos ángulos de montaje.

Cuadro 1

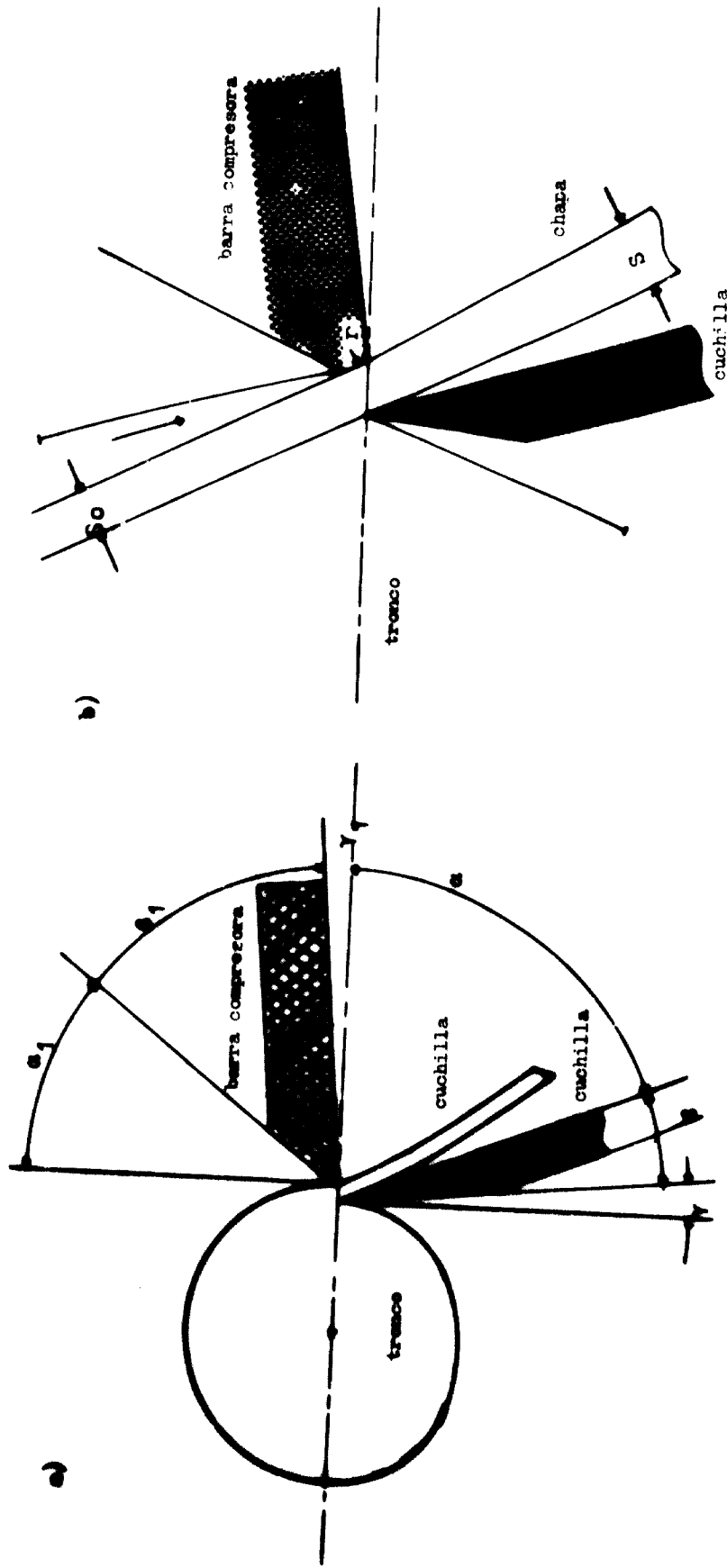
Ángulos de montaje en la fabricación de chapas de diversas maderas

<u>Especies madereras</u>	<u>Ángulo de corte</u>
Roble	17°
Nogal	16-20°
Abedul	18-20°
Haya	20-21°
Okuné	22°
Alamo	22-23°
Abeto	20-21°

Si el tronco se curva mientras se le trabaja, la chapa resultante será ondulada, debido a que la estirabilidad de la hoja no será igual en los bordes que en el medio. A consecuencia de ello se producirán grietas en los bordes durante el secado, y también al mover la hoja durante las diversas fases de trabajo. Esta curvatura del tronco durante las operaciones de corte puede evitarse generalmente mediante contrapresión neumática.

Pueden empalmarse pequeñas piezas de chapa para formar láminas mayores; las piezas estrechas se unen lateralmente, y longitudinalmente las cortas (figura V). Las industrias del mueble y de la ebanistería utilizan gran cantidad de las primeras, mientras que las segundas se emplean principalmente en la industria de la madera terciada. Los requisitos previos para una buena unión son: piezas de chapa rectas y rectangulares, buena gradación del color, buena oola y buen equipo. Los bordes de las chapas se sierran, cepillan o cortan. La unión se realiza en máquinas automáticas que trabajan longitudinalmente en el sentido de las fibras (chapa delgada) o transversalmente (chapa gruesa). La calidad de la chapa depende, por tanto, de varios factores, y debe cumplir varios requisitos estrictos si se la desea utilizar en las industrias del mueble y de la ebanistería. En general, la chapa delgada es mejor que la gruesa.

Figura IV. Montaje de la cuchilla y de la barra de presión en el desenrollado de chapas



Cuchilla

- α = ángulo de ataque
- β = ángulo de corte de la punta
- γ = ángulo de incidencia
- $\delta + \gamma$ = ángulo de corte

Barra compresora

- α_1 = ángulo de presión
- β_1 = ángulo de la barra compresora
- γ_1 = ángulo de incidencia
- $\delta_1 + \gamma_1$ = ángulo de montaje

r = radio de la barra compresora 0,5 mm

S = espesor nominal de la chapa

S_0 = espesor de la chapa comprimida

$\frac{S_0 - S}{S} \times 100\% = \text{grado de compresión (presión de la barra compresora)} = 15 \text{ a } 20\%$

Madera terciada

La madera terciada se fabrica encolando hojas de chapa (figura VI). Normalmente, las chapas deben colocarse en sentido transversal. La estructura ha de ser simétrica y el número de capas impar, si ello es posible. La madera terciada encolada y revestida a prueba de agua hirviendo es un material resistente y duradero, que puede utilizarse para fines tales como construcciones navales y aeronáuticas, en los que han de cumplirse requisitos muy severos.

Antes, la madera terciada ordinaria también se utilizaba mucho en las industrias del mueble y de la ebanistería. Su empleo ha disminuido, sin embargo, por la introducción de tableros más económicos, enlistonados, de alma laminar y de partículas, que en gran parte la han sustituido. No obstante, en los casos en que se requiere considerable resistencia, la madera terciada aún puede utilizarse en estos sectores. Otra importante aplicación de la madera terciada es la fabricación de puertas lisas.

En la industria del mueble aún se utiliza madera terciada especial. Se obtiene encolando las chapas en la misma dirección (figura VII). Este material es fácil de curvar, lo que permite al diseñador diversas posibilidades.

El encolado constituye una fase esencial en la fabricación de madera terciada. La cola debe ser adecuada a las condiciones del uso final. Deben tenerse, pues, en consideración las posibles variaciones del contenido de humedad. Sobre las operaciones de encolado se trata en otro lugar de la presente publicación.^{2/}

Tableros enlistonados o con alma de bloques

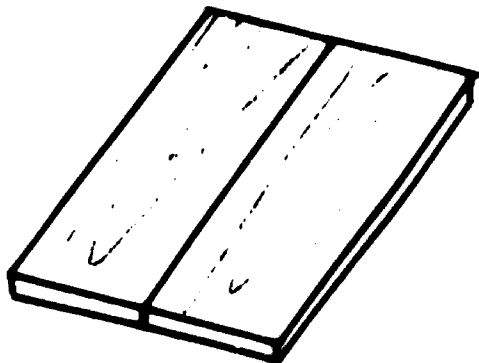
Los tableros con alma de bloques o enlistonados ocupan una importante posición en las industrias del mueble y de la ebanistería. Consisten en dos chapas encoladas a ambos lados de bloques aserrados bastante estrechos. El principio de fabricación se indica en la figura VIII. Como materia prima de los bloques que constituyen el soporte o núcleo se utiliza madera no canteada o madera residual procedente de aserraderos. La primera de éstas es la mejor, pues los bloques del alma pueden tener la misma longitud, lo que facilita su encolado. (Véase figura VIII.) El otro material citado requiere normalmente cepillado y reguesamiento como fase de trabajo adicional. Los bloques de material de soporte se sierran con una sierra circular de cuchillas múltiples. Estos bloques deben ser de aristas vivas.

En la fabricación de tableros con alma de bloques pueden combinarse diferentes especies de madera si sus propiedades son bastante similares. La más importante de ellas es una contracción idéntica a ambos lados de las juntas encoladas.

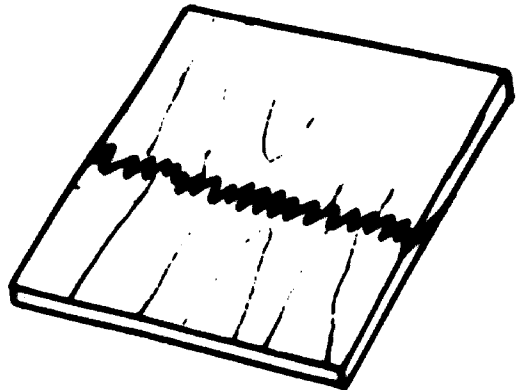
Para el encolado de los bloques suele emplearse el método de encolado de 1 a 3 puntos (en línea) (figura IX). La cola más utilizada es una dispersión de acetato de polivinilo. El encolado de tres puntos (en línea) es especialmente necesario en los tableros con alma de bloques para las industrias del mueble y de la ebanistería, pues, de lo contrario, posteriormente puede desprenderse una pieza si se fresa el borde para darle la forma requerida.

^{2/} Véase el artículo 6 (Jaakko Meriluoto "Empleo de colas y otros pegamentos en la fabricación de muebles y la ebanistería").

Figura V. Unión de pequeñas piezas de chapa



Unión longitudinal (por los lados)
de hojas estrechas



Unión transversal (por los extremos)
de hojas cortas

Figura VI. Estructura de una hoja normal de madera terciada
(cinco láminas)

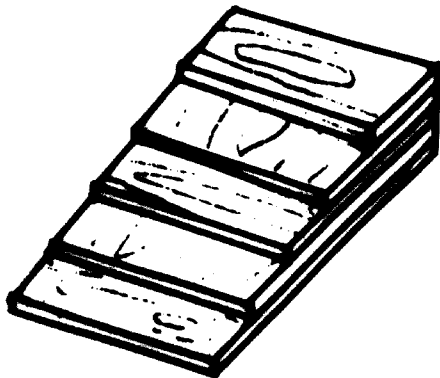


Figura VII. Curvado de una pieza de madera terciada especial, que resulta posible gracias a que las fibras de las láminas múltiples están dispuestas en la misma dirección

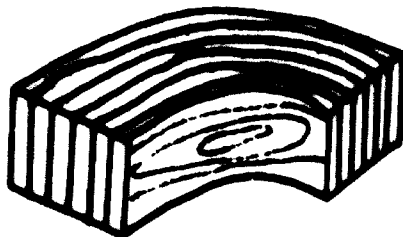
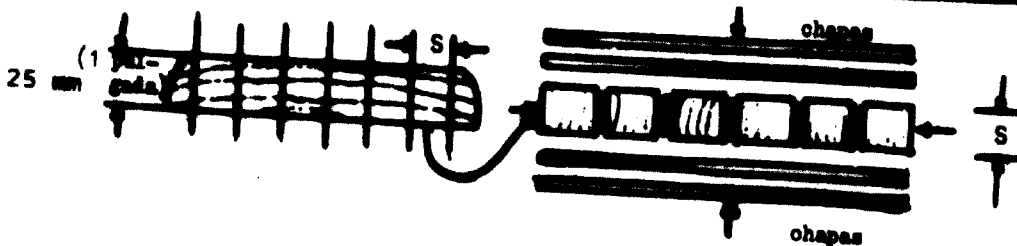


Figura VIII. Principio de la fabricación de madera terciada enlistrada



Los tableros enlistonados de primera calidad llevan dos chapas a cada lado del soporte. Si se emplea una sola chapa a cada lado, ésta se coloca de forma que las fibras se hallen en ángulo recto con relación a los bloques que constituyen dicho soporte. Cuando se emplean dos chapas (es decir, un total de cuatro) la fibra de las chapas contiguas al soporte pueden seguir la misma dirección que las de éste (figura X). El espesor de las chapas es de 1,5 a 2,5 mm (si se emplea una chapa) o 1,2 a 1,5 mm (si se utilizan dos). La densidad de los tableros con alma de bloques obtenidos de abedul finlandés es de unos 600 kg/m^3 (cinco capas) o de aproximadamente 550 kg/m^3 (tres capas). El espesor más común de estos tableros es de 25 mm (1 pulgada), pero también se producen con espesores de 19, 22 y 28 mm ($3/4$, $7/8$ y $1 1/8$ pulgadas). La anchura de los listones está determinada por el espesor deseado del tablero acabado (véase la figura VIII).

Las operaciones de encolado de las chapas superficiales, aserrado de los bordes de los tableros, lijado, clasificación y embalaje se efectúan de la misma forma que en la industria de la madera terciada. Los tableros enlistonados se emplean en diversos tipos de muebles (para cocinas, baños, oficinas, tiendas, almacenes, etc.). Pueden utilizarse para puertas, tabiques, estantes y tableros de mesas.

Estos tableros son fáciles de revestir. Pueden utilizarse para las pizas de carga de muebles, y oponen gran resistencia a la extracción de los tornillos que en ellos se introduzcan. Entre otros usos de este material figuran el equipo de ciertos vehículos y estructuras provisionales para exposiciones. El empleo de tableros enlistonados ahorra, sobre todo, trabajo, pues por lo general pueden obtenerse en piezas lo suficientemente grandes y resistentes para múltiples aplicaciones en la fabricación de muebles, produciéndose en algunos casos incluso con acabados superficiales.

Tableros de alma laminar

Los tableros de alma laminar están estrechamente relacionados con los enlistonados o con alma de bloques. Su núcleo consiste en bloques de 13 a 25 mm ($1/2$ a 1 pulgada) de anchura, obtenidos mediante aserrado de madera terciada a base de chapas de coníferas o frondosas de 1,2-4 mm de espesor, todas ellas encoladas en la misma dirección. El espesor de la madera terciada es de 25 a 40 mm (figura XI a)). Las láminas de soporte se revisten después con chapas, al igual que en los tableros con alma de bloques (figura XI b)). La dirección de los anillos anuales es la mejor posible en el caso de los tableros con alma laminar, pues en la operación de desenrollado la chapa se corta en esa dirección. Las chapas (y anillos anuales) del material de soporte serán, pues, perpendiculares a la superficie del tablero (véase figura X).

Los tableros de alma laminar conservan sus dimensiones muy bien incluso en condiciones muy diversas. Además, son más resistentes que los enlistonados. Sin embargo, su costo de fabricación es superior al de éstos, pues la materia prima del soporte de madera terciada propiamente dicha es más cara que los bloques de los tableros enlistonados. Estos últimos se van usando menos que los de alma laminar en ciertas aplicaciones en que han de satisfacerse requisitos especiales, como, por ejemplo, en los componentes semifabricados para la industria del mueble.

Figura IX. Encolado de bloques por tres puntos (en línea) en fabricación de tableros enlistonados

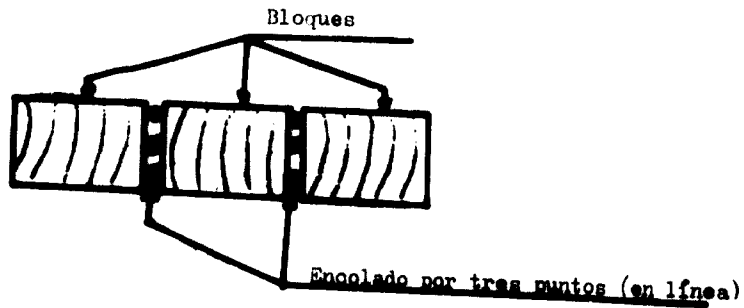
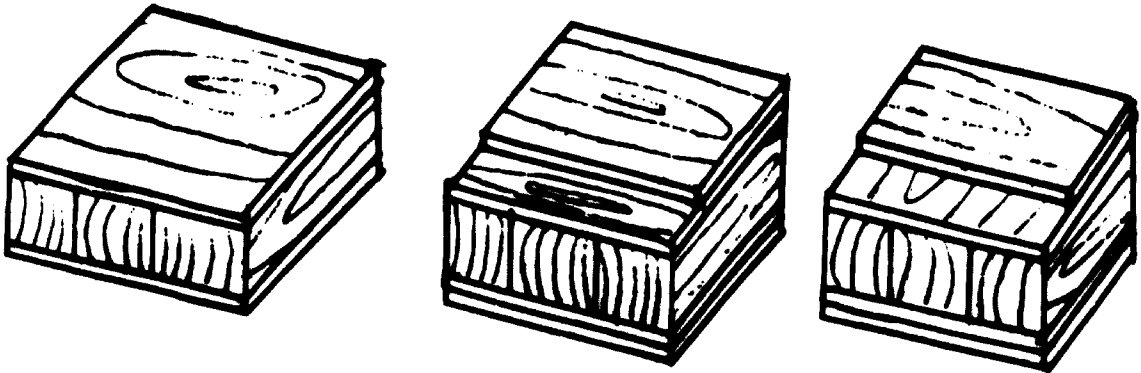


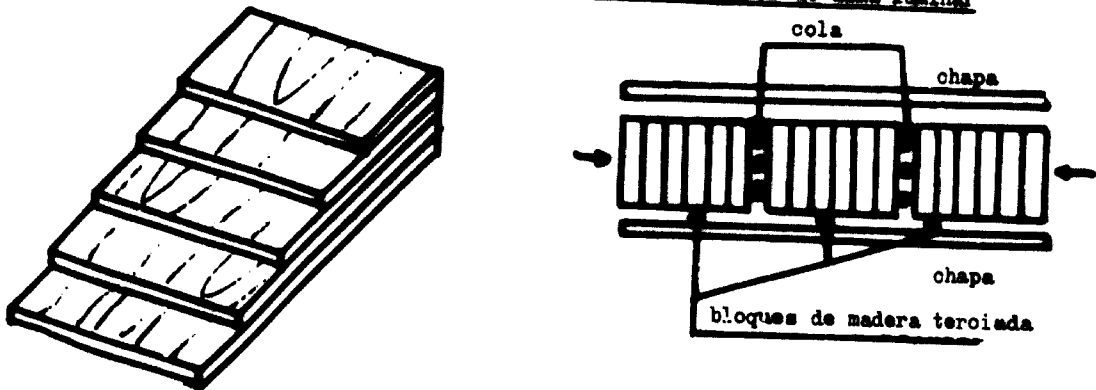
Figura X. Construcción de tableros enlistonados



Tableros de tres capas
(dos chapas)

Tableros de cinco capas
(cuatro chapas)

Figura XI. Detalles de construcción de tableros de alma laminar



a) Disposición de un bloque de soporte de cinco láminas

b) Unión de bloques de soporte y revestimiento con chapas

Desde hace poco, los tableros de partículas, de los que se habla en otro lugar de esta publicación,³ vienen compitiendo con éxito con los tableros a base de chapa, especialmente para ciertos trabajos de poca calidad, pues pueden producirse a un precio más bajo.

³ Véase el artículo 3 (Julio Martínez "Tableros de partículas").

3. TABLEROS DE PARTICULAS^m

Los tableros de partículas son productos industriales relativamente nuevos. Se empezaron a producir mucho después que los demás tableros compuestos de madera de que se trata en otras partes de esta publicación; en Finlandia, por ejemplo, a finales de los años 50. Durante el desarrollo técnico de los tableros de partículas se tuvieron en cuenta dos requisitos: utilizar los desperdicios de otras industrias en las que se trabaja la madera y emplear de un modo rentable los troncos pequeños y otros desperdicios de madera originados en las actividades de silvicultura. Puesto que el material procedente de estas fuentes es muy barato y que, además, el proceso de producción de tableros de partículas es en gran parte automático, el resultado es un producto semielaborado de bajo costo, adecuado para las industrias de la ebanistería y del mueble.^{1/} De hecho, se cuenta entre los tableros de madera más baratos.

La producción de este material ha aumentado y sigue aumentando en todo el mundo. Por ejemplo, en Finlandia, la producción de tableros de partículas está alcanzando una cifra parecida a la de tableros de madera terciada.

Materias primas para los tableros de partículas

Los árboles de toda especie son adecuados para este fin, incluso su corteza; es posible fabricar tableros sólo de corteza. También pueden utilizarse como materia prima para los tableros de partículas otros materiales fibrosos que contengan materias lignocelulósicas. Pequeños fragmentos de madera, los centros de los troncos empleados para tableros de madera terciada y contrachapada y los desperdicios de las serrerías se pueden utilizar para las partículas de las capas superficiales (en los tableros de partículas de varias capas) puesto que es fácil producir con todos ellos partículas cortadas de forma y tamaño regulares. El producto principal basado en otros tipos de desperdicios de madera son las partículas trituradas, que son adecuadas para la capa central de este tipo de tablero.

En la fabricación de tableros de partículas se necesita materia prima de madera en la proporción 2,5 a 3,0, m³ de partículas sueltas por m³ de tablero.

Otra sustancia esencial es la cola, que une las partículas para formar un tablero sólido. El contenido en cola de las capas de superficie del tablero es aproximadamente de un 9 a un 12% del peso en seco de las partículas (aproximadamente de 60 a 65 gramos de cola seca por m³ de producto). En la parte interna el contenido en cola es de un 7 a un 9% del peso en seco de las partículas de madera.

^m Monografía presentada en el seminario por Jaakko Meriluoto, Instituto Técnico de Lahti, Lahti (Finlandia) (Publicada originalmente con signatura ID/WG.105/24 Rev.1)

^{1/} Véase también en la parte segunda el artículo 17 (de Pekka Paavola, relativo a la Tecnología de la industria del mueble) y el artículo 18 (de Juhani Jantunen, relativo a la Tecnología de la industria de la ebanistería).

Todas las colas utilizadas en las industrias de la madera pueden emplearse para fabricar tableros de partículas. El tipo más común es el de urea-formaldehído que se utiliza en los tableros de partículas para uso en interiores. Los tableros que se destinan a exteriores están encolados generalmente con fenol-formaldehído.

El aditivo de tratamiento más importante es la cera de parafina, necesaria para disminuir la higroscopicidad, bastante elevada, del tablero. La emulsión de parafina se mezcla generalmente con la cola en proporciones que varían de 0,5 a 1,5% del peso en seco de las partículas. Entre los demás aditivos, los más importantes son los siguientes:

- a) Agentes conservadores, para evitar la pudrición, e insecticidas (las mismas sustancias que se utilizan para impregnar la madera, en una proporción aproximada de un 1 a un 2%)
- b) Sustancias ignífugas (por ejemplo, fosfato amónico)
- c) Colorantes
- d) Estearatos, cuyo fin es facilitar la formación del tablero y evitar que la capa superficial de partículas se pegue a la prensa.

Todos los aditivos mencionados anteriormente se mezclan con la cola.

Tipos de tableros de partículas

Según el método de fabricación, se pueden distinguir dos tipos de tableros de partículas: prensado a plano y prensado por extrusión (figura I). El primero es el más importante, puesto que es muy adecuado para semimanufacturas en las industrias de la ebanistería y del mueble. El segundo tipo se usa principalmente en la industria de la construcción y generalmente se fabrica revestido de una chapa fina de madera. Las propiedades de estos dos tipos de tablero de partículas son diferentes, debido a la posición de las partículas en el tablero, perpendicular a la dirección del prensado (véase la figura I).

Los tableros de partículas prensados a plano pueden tener una o más capas; el tipo corriente tiene tres capas. Las capas superficiales son de mejor calidad y más homogéneas (tamaño y forma) que la capa central.

La industria de tableros de partículas emplea diversos métodos de producción que son muy similares. Algunos de los más importantes se indican en la lista del cuadro 1.

Los tableros de partículas también se pueden clasificar según su densidad, que queda determinada por el tipo de madera y la presión empleada. En Finlandia, por ejemplo, se clasifican los tableros según su densidad en los tipos siguientes:

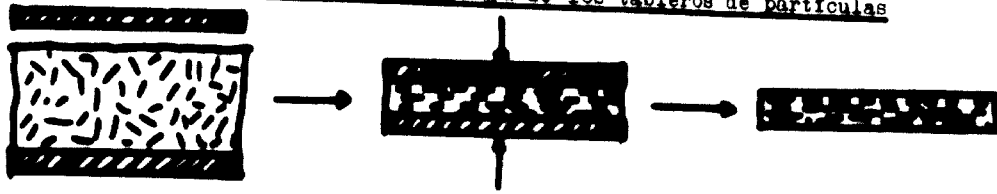
Ligero, 400 kg/m³
Medio, 400 a 800 kg/m³
Pesado, más de 800 kg/m³

La densidad más común en los tableros de partículas fabricados en Finlandia es la de tipo medio, de 580 a 700 kg/m³.

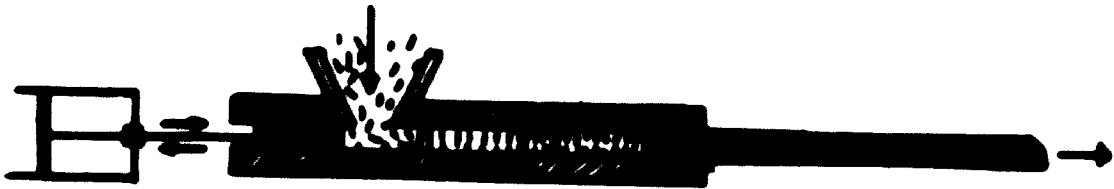
Son tableros de partículas especiales los que llevan incorporados algunos de los aditivos mencionados anteriormente o los que tienen un revestimiento; los tableros de partículas combinados son los que se fabrican encolando juntos tableros normales que se han formado por separado.

Figura I

Principios de la manufactura de los tableros de partículas



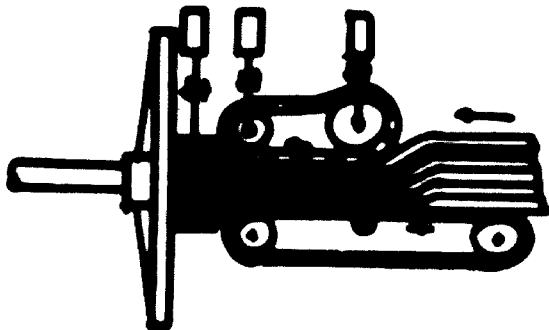
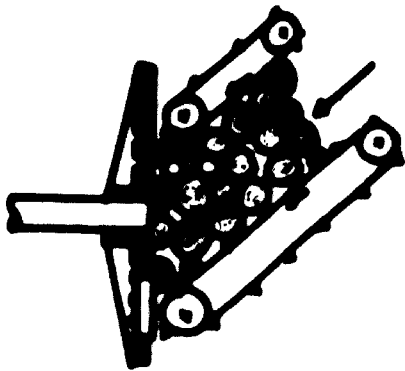
a) Sistema de prensado a plano



b) Sistema de prensado por extrusión

Figura II

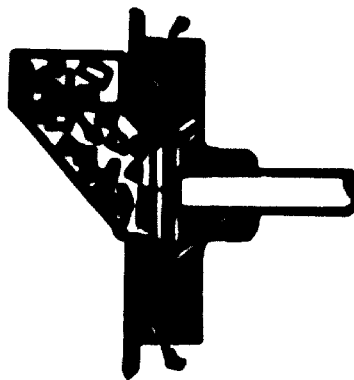
Algunas máquinas típicas de hacer virutas



a) Máquinas de discos



b) Máquina cortadora



c) Máquina trituradora

Quadro 1

Algunos de los métodos más importantes que se han utilizado para producir tableros de partículas

<u>Método</u>	<u>País de origen</u>	<u>Tipo de tablero^{a/}</u>
Bartrev	Reino Unido	L1 y L3
Becker y van Hüllen	Alemania, República Federal de	L1 y L3
Behr-Himmelheber	Alemania, República Federal de	L1 y L3
Böhner	República Democrática Alemana	L1 ^{b/} y L3
Bühre-Biehn	Alemania, República Federal de	L1
Fahrni (Novopan)	Suiza	L3 y L5
Globiboard (Lanewood)	Estados Unidos	E horizontal
Hermal	Alemania, República Federal de	L1 y L3
Kreibaum	Alemania, República Federal de	E vertical
Miller-Hoft	Estados Unidos	L1 y L3
Pagnoni	Italia	L1 y L3
Raute	Finlandia	L1 y L3
Rottman	Alemania, República Federal de	L1 y L3
Schnitzler-Siemelkamp	Alemania, República Federal de	L3
Steineman	Suiza	L1 y L3
Tavapan (Fibrexa)	Suiza	L1 y L3

^{a/} L1 = prensado a plano, 1 capa; L3 = prensado a plano, 3 capas; L5 = prensado a plano, 5 capas; E = prensado por extrusión.

^{b/} El tamaño de las partículas disminuye gradualmente del centro del tablero a las superficies.

Tipos de partículas de madera

Anteriormente se mencionaron diversos tipos de partículas de madera. La partícula es, evidentemente, un elemento esencial del tablero. Debe satisfacer los requisitos siguientes:

Homogeneidad del material

Tamaño adecuado (la dimensión más importante es el espesor)

Rectilineidad

Rectilineidad de las fibras

Superficie lisa

Índice dimensional adecuado

El índice dimensional es la relación entre el largo y el espesor. Deberá ser aproximadamente de 60 a 120. De este índice depende que se realicen con éxito, sobre todo, las operaciones de separar y encolar.

El tamaño de las partículas (en milímetros) varía entre las cifras siguientes:

	<u>Largo</u>	<u>Ancho</u>	<u>Espesor</u>
Partículas de las superficies	10 a 20	3 a 5	0,20
Partículas del centro	15 a 30	5 a 15	0,40 a 0,50

Las partículas se producen cortando o triturando la madera, como se muestra en la figura II.

Fabricación de tableros de partículas

Por tratarse de un producto típico de la industria, el comentario presente se limita a los tableros de partículas prensados a plano, de tres capas. Las manipulaciones preliminares de la materia prima incluyen descortezar y remojar los troncos, cortarlos en tarugos del tamaño deseado y reducir éstos a virutas. Para realizar con éxito esta última operación, la madera debe tener un contenido en humedad mínimo de un 30%. Para algunas máquinas de hacer virutas, los tarugos han de tener un largo determinado. Generalmente, no es preciso descortezarlos para obtener las partículas del centro. La operación de hacer virutas de ciertos residuos de madera se facilita triturándolos antes. Si se desea producir un tablero de primera calidad, se deberá poder ajustar la máquina de hacer virutas para que produzca partículas de las diferentes dimensiones necesarias, según las posibilidades.

Las fases siguientes de la fabricación son el secado y el tamizado. Las partículas deben secarse bien hasta que su contenido en humedad sea de un 3 a un 5%, ya que posteriormente, en la operación de encolado, reciben agua de la cola. El secado se realiza por medio de aire caliente o gases de horno. En la figura III se muestran tres tipos de secadoras.

Después del secado, las partículas se han de tamizar. La fracción mejor se utiliza para las superficies. Las partículas más bastas se emplean para la parte del centro, ya sea directamente o después de someterlas nuevamente a trituración, y las que son demasiado pequeñas (polvo) se queman. A este respecto, cabe mencionar que la formación de polvo es un problema grave en la manufactura de tableros de partículas; se inflama fácilmente y puede incluso hacer explosión. Después del tamizado, las partículas se almacenan en silos.

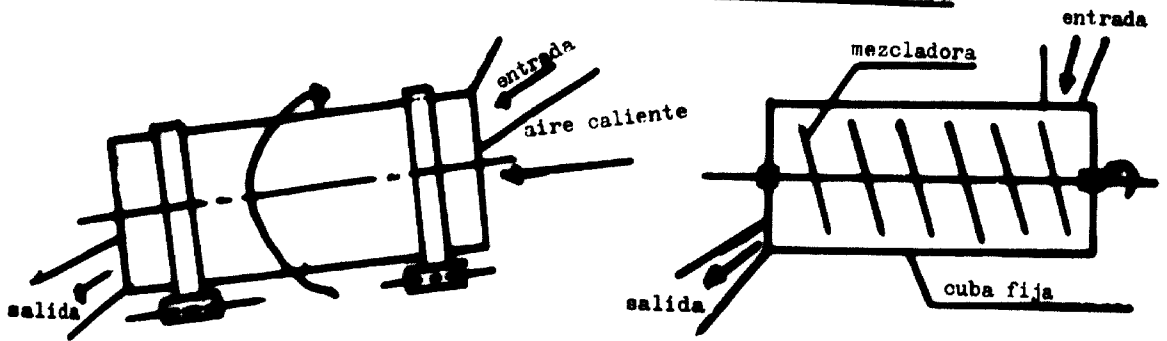
La fase siguiente es el encolado (figura IV) de las partículas, que inicia una línea continua de producción en la planta. Para el encolado se ponen las partículas en movimiento, generalmente en el interior de un tambor con boquillas fijas que lanzan entre las partículas la cola nebulizada (figura IV). La proporción de partículas y cola (con endurecedor y aditivos) se determina según el peso.

La formación del tablero empieza con la formación de una capa de partículas de madera sobre una base o sobre una correa sin fin. Para formar los tableros por capas se emplean de uno a cuatro dispositivos en batería (figura V). La formación de estas capas es una de las fases más importantes, y también más difíciles, de la fabricación de tableros de partículas.

La fase siguiente es el prensado, que puede hacerse de distintas maneras, tres de las cuales se muestran en el figura VI: el prensado a dos fases, en el que se realiza un prensado en frío preliminar y a continuación el prensado en caliente definitivo, durante el que se calibra el tablero hasta que alcance el espesor deseado (a); el prensado intermitente, por medio de chapas para repartir la presión (b); y el prensado continuo sobre una correa sin fin de acero (c).

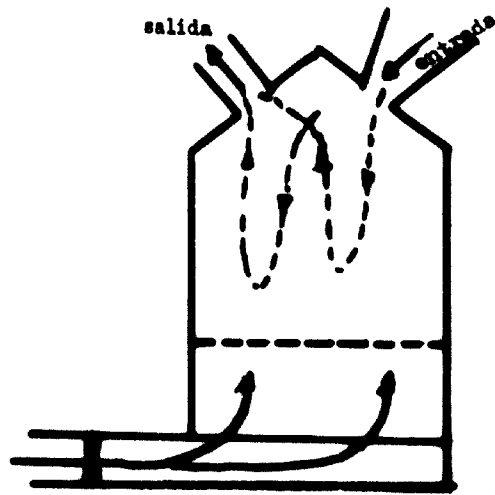
Figura III

Tres secadoras típicas de partículas de madera



a) Secadora de tambor

b) Secadora de cuba



c) Secadora por soplado

Figura IV

Mezcla de la cola con las partículas de madera

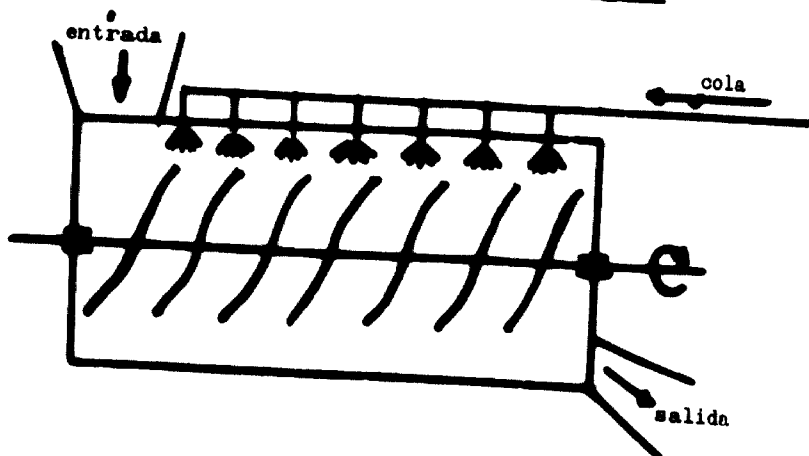
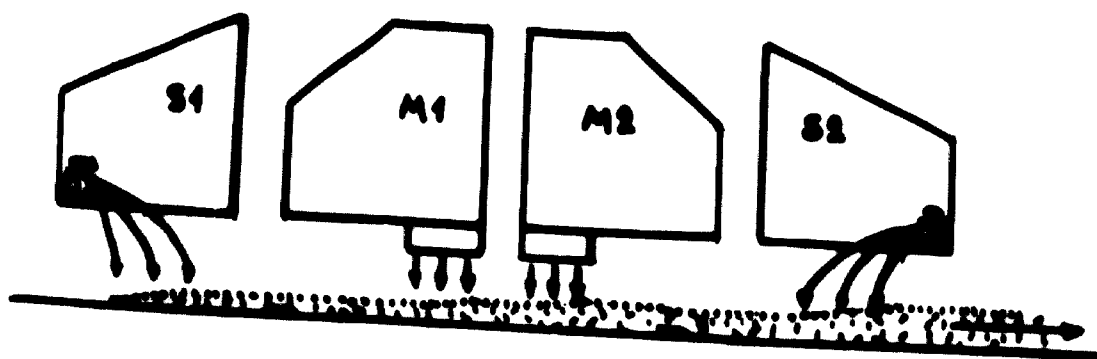


Figura V

Fase de formación de las capas del tablero (por esparcimiento)

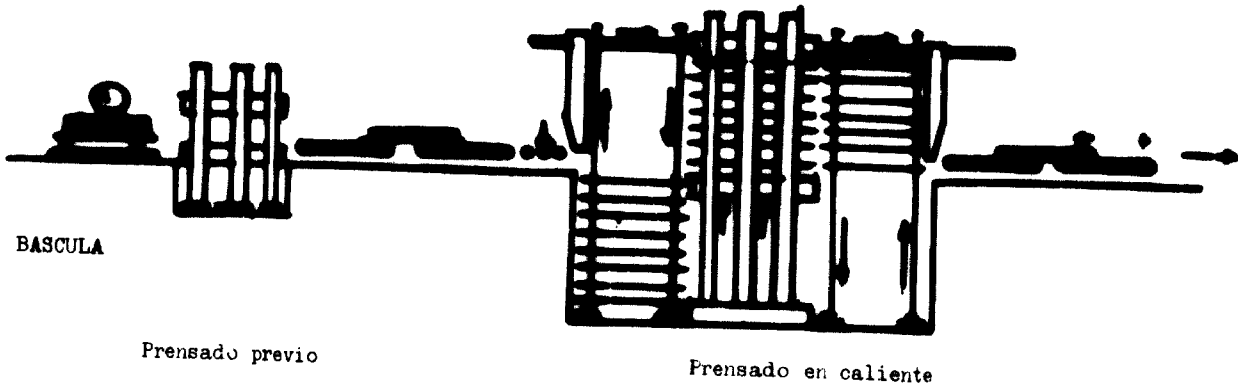


S1 y S2 - Partículas para las superficies (partículas seleccionadas)
M1 y M2 - Partículas para el centro (partículas normales)

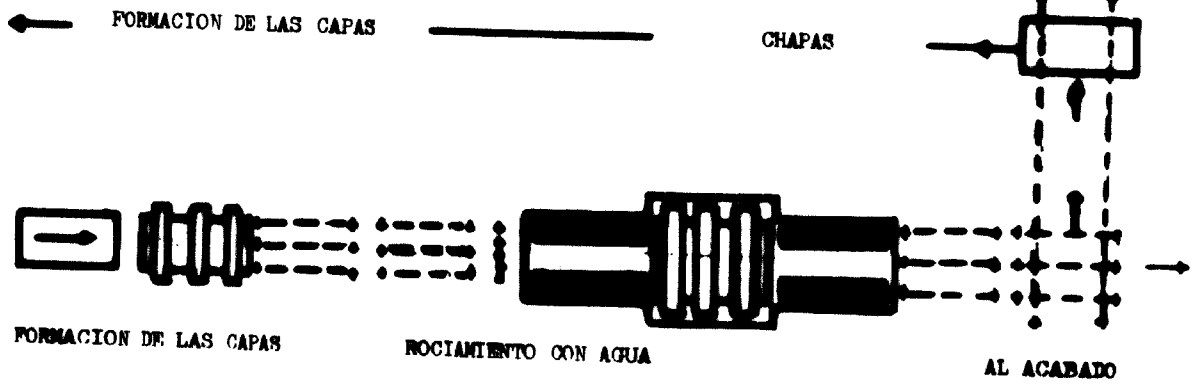
Figura VI

Prensado de los tableros de partículas

a) Prensado en dos fases (en frío y en caliente)



b) Prensado intermitente sobre chapas para repartir la presión



c) Prensado continuo en una correa sin fin de acero

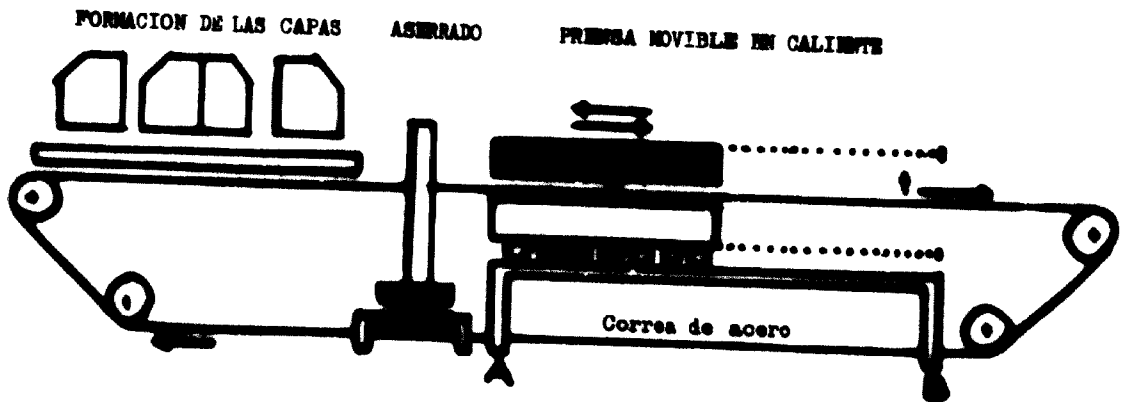
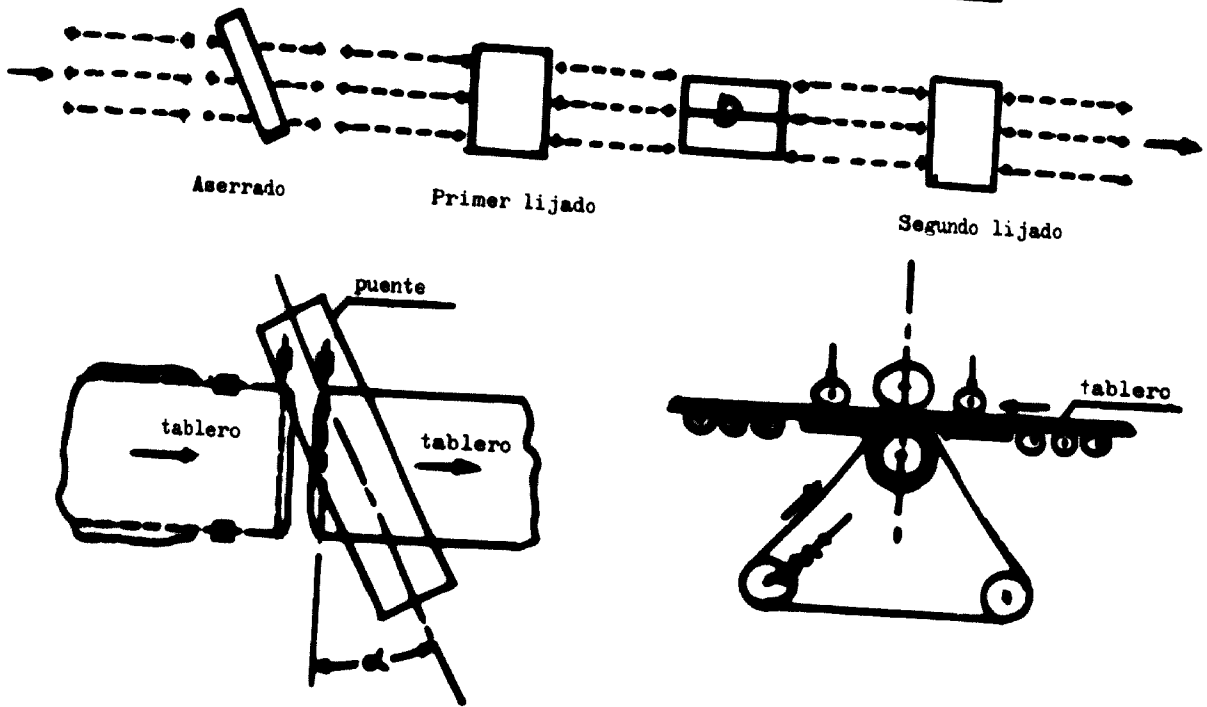


Figura VII

Una línea de aserrado y lijado para tableros de partículas

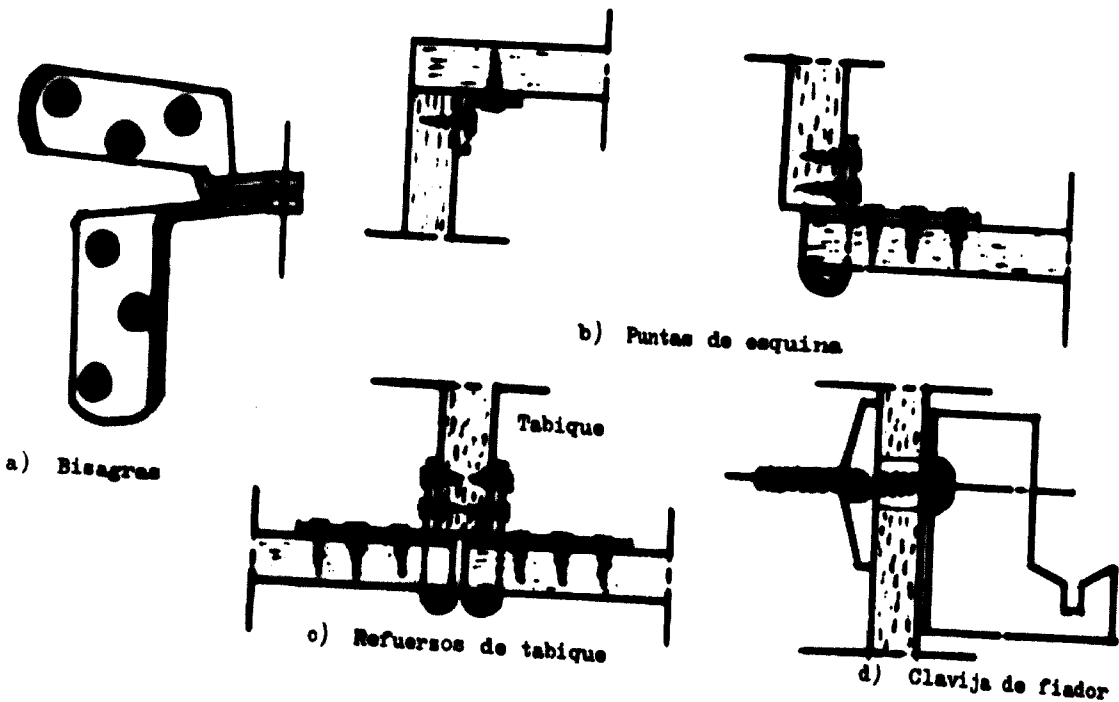


a) Elemento de aserrado

b) Elemento de lijado

Figura VIII

Algunos accesorios metálicos de carpintería propios para los tableros de partículas



a) Bisagras

b) Puntas de esquina

c) Refuerzos de tabique

d) Clavija de fiador

Después de enfriarse, los tableros se cortan al largo deseado (tamaños normales y especiales) y se lijan, como se muestra en la figura VII. (El lijado es a veces innecesario.) A continuación se comprueba su peso y se determina su calidad. El material para exportación se embala y se almacena hasta el momento de expedición.

Propiedades de los tableros de partículas

Un tablero de partículas tiene una densidad similar a la de la madera corriente pero es más homogéneo. No tiene dirección de fibra (aunque tiene la llamada "dirección de máquina", es decir la dirección del flujo del material), nudos ni ningún otro defecto natural de la madera. La dilatación longitudinal causada por la humedad es pequeña en comparación con la variación del espesor. El tablero de partículas tiene dos inconvenientes: poca rigidez y resistencia bastante baja a la tensión perpendicular al plano (vertical respecto a las superficies del tablero). Sin sustancias protectoras aumenta mucho de espesor. En el cuadro 2 se indican algunas cifras relativas a un tablero de partículas típico, de fabricación finlandesa.

Cuadro 2

Valores relativos a un tablero de partículas típico fabricado en Finlandia^{a/}
y a la madera maciza (abedul finlandés)

<u>Características</u>	<u>Valores</u>
<u>Tablero de partículas:</u>	
Resistencia a la flexión	180-250 kp/cm ²
Resistencia a la tensión (en dirección del plano)	80-120 kp/cm ²
Resistencia a la tensión (perpendicular al plano)	3-8 kp/cm ²
Resistencia a la extracción de tornillos en la superficie	6-10 kp/mm
Resistencia a la extracción de tornillos en el borde	4-7 kp/mm
<u>Madera maciza (abedul finlandés)</u>	
Resistencia a la flexión	1300-1600 kp/cm ²
Resistencia a la tensión en dirección de la fibra	1200-1500 kp/cm ²
Resistencia a la tensión perpendicular a la fibra	60-80 kp/cm ²

a/ Densidad, 650 kg/m³.

Tratamiento de la superficie de los tableros de partículas^{2/}

Los tableros de partículas se pueden pintar o laquear del modo usual. Sin embargo, antes se han de igualar las superficies porosas con un tapaporos adecuado. También se revisten con frecuencia, de chapas finas de madera o de plástico, puesto que se prestan bien a ello.

2/ Véase también el artículo 5 (Simo Hyvärinen "Propiedades y empleo de tableros laminados decorativos a base de papel") y, en la parte segunda el artículo 19 (de P.Å. Biström, relativo al acabado de superficies de madera y productos de madera).

Usos de los tableros de partículas

En muchos países los principales usuarios de los tableros de partículas son las industrias de la ebanistería y del mueble, aunque la industria de la construcción los va utilizando en cantidades crecientes.

En la fabricación de muebles se utilizan los tableros de partículas para fabricar puertas, laterales, fondos básicos y diversos tipos de superficies amplias. También gozan de mucho favor para los edificios prefabricados. Otros sectores en los que se emplean los tableros de partículas son la construcción naval y la de vehículos (accesorios), y la construcción de estructuras provisionales de diversos tipos.

Al utilizar los tableros de partículas se ha de recordar que generalmente se destinan a interiores. Si la humedad relativa del aire ambiente es elevada, el tablero deberá contener parafina y además tendrá que estar protegido eficazmente con un tratamiento superficial o un recubrimiento adecuado.

Las operaciones de transformación de los tableros de partículas (aserrar, conformar, cepillar, taladrar y lijar) no son diferentes de las que se realizan con madera ordinaria. Aunque se pueden utilizar clavos y tornillos, se ha de evitar clavar en los bordes del tablero. Se recomienda utilizar accesorios y estructuras especialmente adecuados para este fin (figura VIII).

Además de los recubrimientos de contrachapado o de plástico mencionados anteriormente, con frecuencia también es necesario recubrir los bordes del tablero, que son sus puntos más débiles.

Bibliografía

Brown, W.H. Particle board in building. A guide to its manufacture and use. Hughenden Valley, Bucks., Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, Timber Research and Development Association, 1972.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tableros de fibra y tableros de madera aglomerada. 3. ed. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1973. 211 páginas.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Tableros contrachapados y otros paneles a base de madera. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1966. 250 páginas.

Informe de una consulta internacional sobre tableros contrachapados y otros paneles a base de madera, Roma, 8 - 19 julio de 1963.

Mitlin, Leo. Particle board manufacture and application. Dorchester, Dorsetshire, Reino Unido, Pressmedia Ltd., 1972.

Using particle board. Wood and wood products. Chicago, Illinois, Vance Publishing Co., 1972.

4. LA UTILIZACION DE TABLEROS DE FIBRA PARA LA CONSTRUCCION EN LA INDUSTRIA DE LA EBANISTERIA*

La vivienda y la política de vivienda figuran entre los problemas más básicos de la humanidad. En todos los países se necesitan viviendas nuevas, y las viejas deben ser mantenidas en buenas condiciones y modernizadas. La determinación de las exigencias que deben satisfacer los edificios y los muebles es una cuestión de normalización que excede los límites de las fronteras nacionales. Esta normalización se refiere a los edificios, a sus dimensiones, y a la elección y el empleo correctos de los materiales. Las industrias de la ebanistería y del mueble constituyen partes importantes de este conjunto y se han convertido en ramas de la producción muy automatizadas.

En casi todo el mundo, la madera y los productos de madera son los materiales básicos que se utilizan para la construcción de viviendas y muebles. Aunque se trata de uno de los materiales tradicionales más antiguos, su utilidad -y su empleo- está aumentando debido a su compatibilidad con los plásticos. Es más, por sus características especiales, la madera suele constituir el modelo para los plásticos de diseño más avanzado. Aunque todavía se la sigue utilizando por lo general en su forma natural maciza, la madera suele hoy descomponerse y reconstituirse en nuevas formas, siendo una de las más interesantes el tablero de fibra para la construcción, fabricado con materiales fibrosos, como pulpa de madera y desechos de papel. Este material es muy usado en la industria de la ebanistería.

Tipos de tableros de fibra para la construcción

La clasificación de los tableros de fibra para la construcción en diferentes tipos se basa en el método de fabricación, en la modalidad y las circunstancias de su empleo, y en su densidad medidas en kg/m^3 . La densidad es la base de la actual clasificación internacional de estos tableros. El sistema de clasificación de la Organización Internacional de Unificación de Normas (ISO) es el siguiente:

<u>Tipo de tablero</u>	<u>Densidad (kg/m^3)</u>	<u>Espesor (mm)</u>
Tableros duros	> 800	2 a 8
Tableros medios	> 350 < 800	6 a 30
Tableros blandos	< 350	9 a 32

Esta escala de densidades tan amplia garantiza una amplia gama de usos para los tableros de fibra para la construcción y permite elegir el tipo adecuado de tablero para cada propósito. En la industria de la ebanistería se utilizan principalmente los tableros duros y los medios, es decir, con una densidad relativa entre 0,65 y 1,20. El tablero blando se utiliza en la industria de la construcción como material de decoración y de aislamiento. Impregnado con alquitrán, es particularmente útil en lugares húmedos.

* Monografía presentada en el seminario por Anjal Kaila, Heinolan Paneritehdas Zachariassen and Co., Heinola, (Finlandia). (Publicada originalmente con signatura ID/WG.105/25/Rev.1).

En el cuadro 1 figuran las propiedades mecánicas y de resistencia de algunos tableros de fibra para la construcción.

La industria mundial de tableros de fibra para la construcción

Al comienzo, las fábricas de tableros de fibra para la construcción se establecieron para utilizar residuos de aserraderos y fábricas de papel, o materias primas de calidad inferior. Esta nueva industria se afianzó primero en los Estados Unidos de América y en los países escandinavos. La producción de tablero blando creció rápidamente en los Estados Unidos pero, respecto de los tableros duros, durante mucho tiempo la patente Mason restringió su producción en otras partes. En Europa, luego de la introducción en Suecia del nuevo método de producción Asplund, la fabricación de tableros duros y medios aumentó rápidamente. Desde entonces, la producción de esos tableros ha crecido continuamente en todo el mundo. La última novedad en materia de fabricación de tableros duros y medios es el proceso en seco, que es muy popular en lugares en donde la contaminación que producen las aguas residuales de las fábricas de tableros de fibra constituye un problema grave.

En 1967, los tableros duros representaron el 77% de la producción total de tableros de fibra para la construcción de Finlandia. Las buenas propiedades de los tableros medios, su amplia gama de espesores y densidades y su posibilidad de competir con los tableros de partículas y de madera terciada, tanto para interiores como para exteriores, han hecho aumentar la producción de este tipo de tableros.

Capacidad de producción mundial

En 1971, la capacidad de producción mundial era de unos 9 millones de toneladas; para el período 1970-1980 se prevé un crecimiento de la producción mundial del 5,2% anual. En la figura I se indica la capacidad de producción de diversos países y en la figura II, la evolución regional de la capacidad de la industria de tableros de fibra entre 1929 y 1969.

En la actualidad, tanto en Europa como en los Estados Unidos de América hay una capacidad de producción no utilizada que provoca un estancamiento de la industria, debido a la falta de materias primas baratas. Por otra parte, en los países en desarrollo la industria de los tableros de fibra para la construcción no se ha desarrollado todavía lo suficiente y parece probable que, allí donde haya un mercado, materias primas disponibles y potencial industrial, la industria de los tableros de fibra para la construcción debe ser capaz de crecer. La necesidad de divisas es uno de los principales problemas que obstaculizan el desarrollo de las industrias basadas en la madera, tanto las orientadas a satisfacer la demanda interna como a la exportación. En las regiones en donde hay superproducción, la industria deberá concentrarse en productos y procesos especiales.

El progreso total realizado por las industrias forestales en los países en desarrollo no ha estado a la altura de lo que se deseaba. En 1967, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) presentó un estudio relativo a la necesidad mundial de inversiones en la silvicultura y en las industrias basadas en ella para el período 1961-1975. Según ese estudio, se necesitaban 39.000 millones de dólares para la expansión de las industrias basadas en la silvicultura. La parte correspondiente a la industria de los tableros de madera era de 3.300 millones de dólares, 750 millones de los cuales, o sea el 22%, correspondían a los países en desarrollo.

Propiedades mecánicas de algunos tableros de fibra^a

Propiedad	Unidad	Tableros aislantes fibrosos	Tableros medios ^b	Tableros duros de gran densidad ^c	Tableros duros al temple	Tableros duros especiales de gran densidad
Densidad	kg/m ³	150-480	529-800	800-1280	960-1280	1360-1440
Peso específico		0,16-0,48	0,53-0,80	0,81-0,85	0,96-1,28	1,36-1,44
Módulo de elasticidad (flexión)	10 ³ N/mm ²	0,18-0,89	2,28-3,94	3,10-4,26	4,57-7,73	8,79
Módulo de rotura	N/mm ²	1,40-5,62	13,36-33,75	28-42	29,4-70,3	70,3-87,9
Resistencia a la tracción paralela a la superficie	N/mm ²	1,40-3,50	10,0-15,0	18,0-23,0	25,3-54,8	55,0
Resistencia a la tracción perpendicular a la superficie	N/mm ²	0,07-0,18	0,3-0,6	0,5-0,8	1,12-3,16	3,51
Resistencia a la compresión paralela a la superficie	N/mm ²		10,0-12,0	14,0-16,0	26,0-42,2	186,3
Resistencia al cisallamiento (en el plano del tablero)	N/mm ²				3,0-5,9	
Resistencia al cisallamiento (perpendicular al plano del tablero)	N/mm ²				19,7-23,9	
Absorción de agua al cabo de 24 horas	Porcentaje en volumen	1-10				
Absorción de agua al cabo de 24 horas	Porcentaje en peso		9-14	7,5-10	3-20	0,3-1,2
Aumento de espesor (al cabo de 24 horas de inmersión)	Porcentaje		2-5	5-6	10-25	8-15
Expansión lineal (del 50% al 90% de humedad relativa)	Porcentaje		0,2-0,4	0,20-0,30	0,15-0,45	0,15-0,45
Conductividad térmica a una temperatura media de 24°C	Joule/cm/cm ² /hora/°C	1,40-2,39	2,80-3,89	3,0-4,0	3,89-7,27	9,60

Cuadro 1 (cont.)

Fuente: Harold Frederic Lehmberg, Medicon, Wisconsin (Estados Unidos de América, 1967).

3/ Los datos incluidos en este cuadro son valores generales redondeados extraídos de numerosas fuentes. Si se desean cifras más exactas sobre productos determinados, es preciso consultar a los fabricantes respectivos o realizar ensayos. Los valores se refieren a mediciones realizadas en condiciones generales de laboratorio respecto de temperatura y humedad.

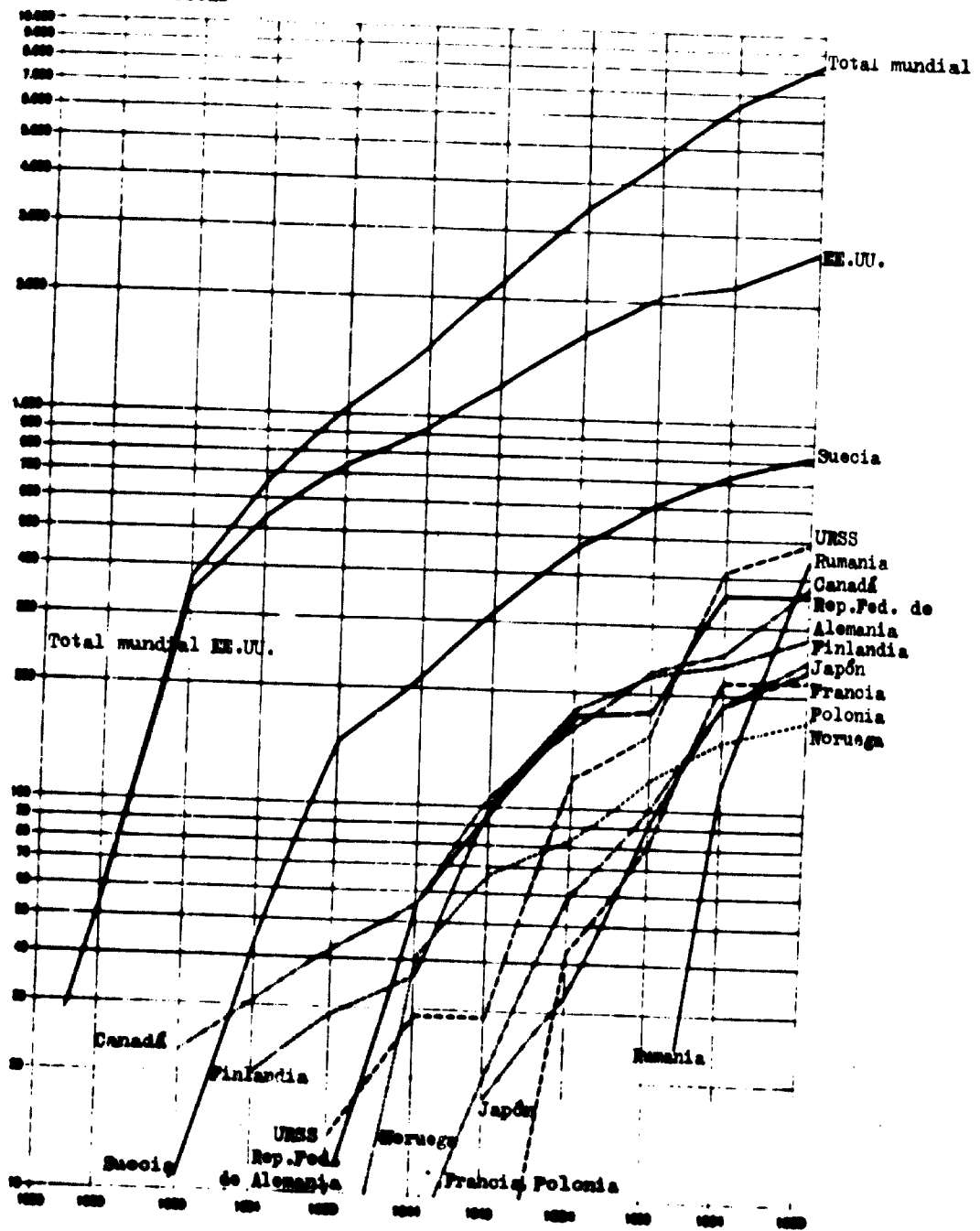
3/ Tablero duro medio especialmente fabricado para revestimientos exteriores y, por lo tanto, de gran resistencia a la humedad.

3/ Tablero medio para uso a la intemperie.

3/ Mediciones realizadas utilizando material en equilibrio higroscópico, en cada caso, a temperatura ambiente.

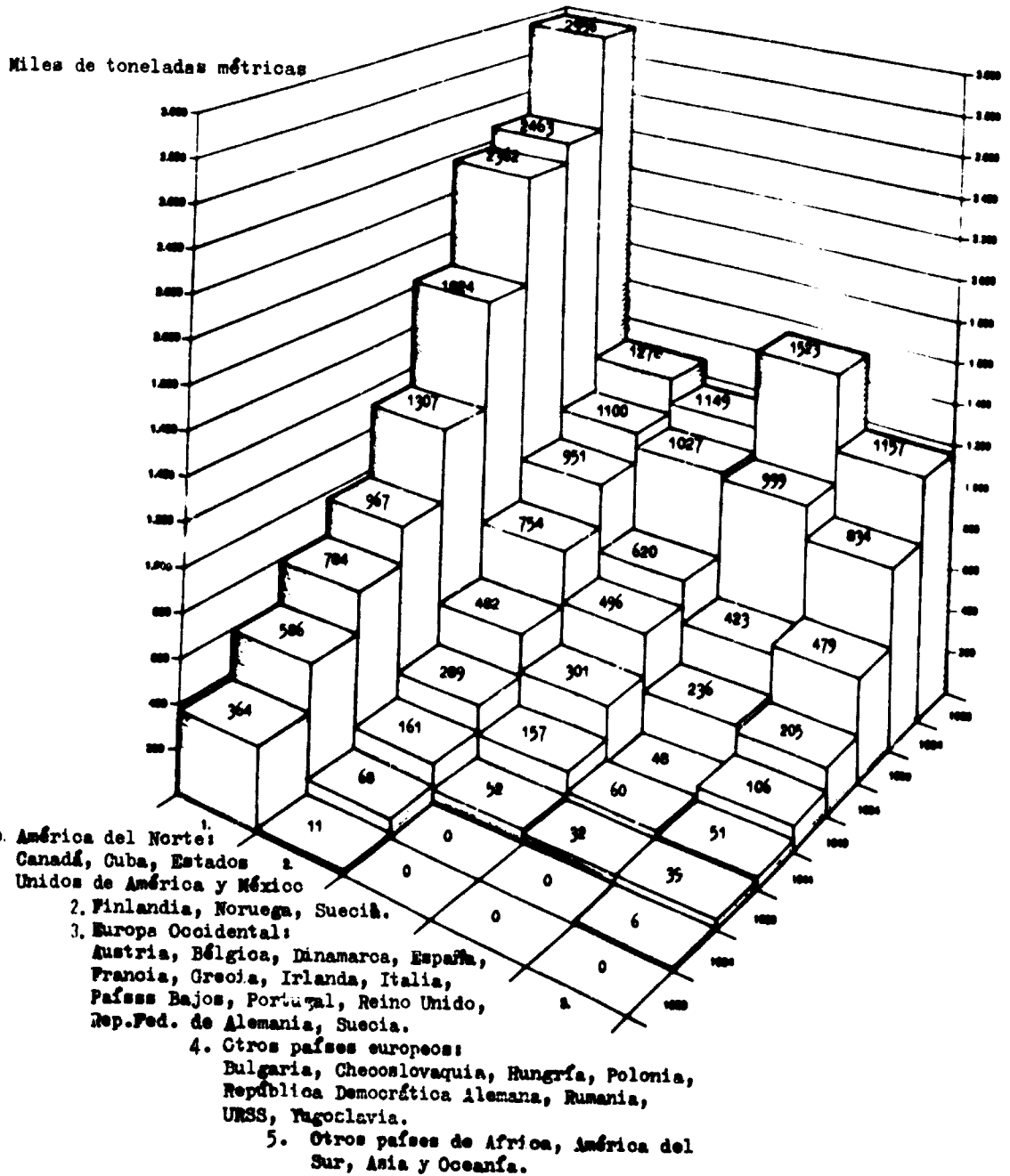
Figura I. Capacidad de la industria de tableros de fibra, en el mundo y en determinados países, 1922-1969

Miles de toneladas métricas



Nota: Las capacidades al final de cada período quinquenal se han representado en escala logarítmica. Igales intervalos verticales indican cambios porcentuales iguales.

Figura II. Evolución regional de la capacidad de la industria de tableros de fibra, 1929-1969



Nota: Capacidades al final de cada período quinquenal.

Son muchos los factores que influyen en la capacidad de competencia de las industrias de los países en desarrollo basadas en la silvicultura. Hasta la fecha, esos países no han podido exportar los productos de tales industrias, en medida apreciable, a los países industrializados que disponían de materias primas equivalentes. Sin embargo, la situación está cambiando, ya que está disminuyendo la cantidad de materias primas adecuadas de que disponen los países industrializados. No obstante, independientemente de las materias primas que se emplean, la utilización y el aprovechamiento de los recursos forestales de estos países se ven obstaculizados por muchos factores, por ejemplo:

- Necesidad de más fondos para inversiones (del 25 al 50% más)
- Necesidad de una labor de planificación e ingeniería
- Dificultades en materia de construcción, instalación y mantenimiento
- Mayor costo de los transportes
- Baja eficiencia en la producción
- Disponibilidad de materiales auxiliares
- Problemas de abastecimiento de electricidad y energía
- Eficiencia de la comercialización
- Sistemas inadecuados de comercialización y distribución interna
- Elevados tipos de interés

En 1967, la participación de los países en desarrollo en la producción mundial de tableros de fibra fue de un 5% (véase el cuadro 2). Es muy probable que los tableros de fibra tengan más importancia para los países en desarrollo que cuentan con limitados recursos de rollizos para madera aserrada y terciada. El desarrollo de mercados suficientemente grandes para que las fábricas de tableros de fibra y de partícula puedan aprovechar las ventajas de la producción en gran escala es el punto de estrangulamiento de la producción en casi todos los países en desarrollo. Sin embargo, es probable que todavía falte mucho para llegar a una solución de este problema; en otras palabras, todavía se carece de información sobre recursos y proyectos bien organizados. En cuanto a los productos de las industrias forestales, los países en desarrollo probablemente alcanzarán la autosuficiencia ya en el decenio de 1980 y exportarán tales productos en volumen considerable a los países industrializados.

Consumo de tablero de fibra por habitante

El consumo depende principalmente de las circunstancias locales, el clima, el nivel de ingresos, la producción técnica, la competencia entre productos, los servicios que se ofrecen a los clientes, las circunstancias del mercado y las actividades de investigación. Los países nórdicos se hallan a la cabeza de los consumidores de tableros de fibra para la construcción, pero durante algún tiempo se ha producido un estancamiento en el consumo de este material debido, en gran parte, a un alto consumo de productos competitivos. En 1970, el consumo por habitante era de 41,2 kg en Suecia, de 31,4 kg en Noruega, de 18,9 kg en Finlandia y de 5,8 kg en el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte. En 1967, la media mundial ascendía a 1,90 kg/habitante. En la figura III se indican el consumo hasta 1967 y la demanda de tableros de fibra prevista para 1970-1975.

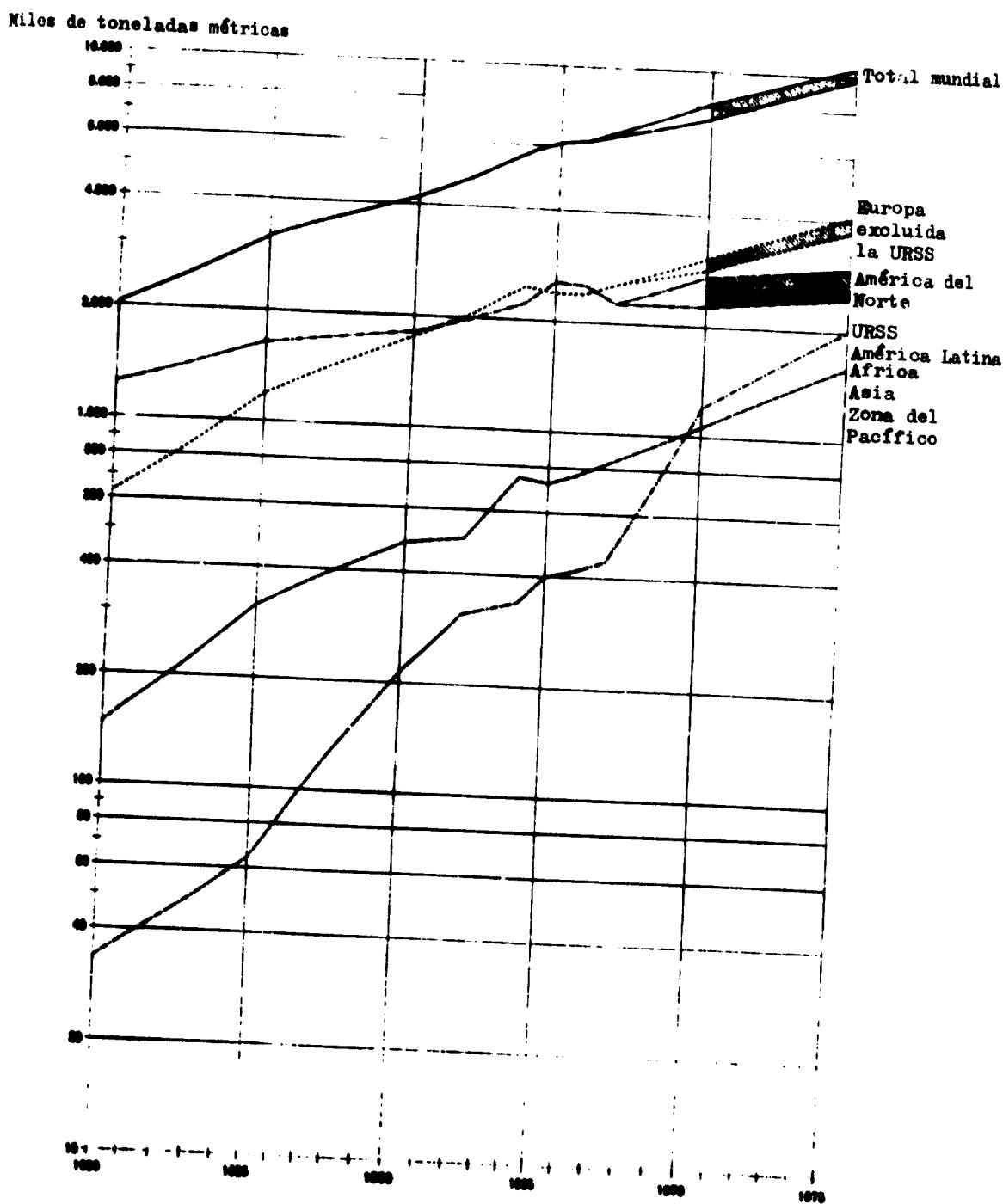
En los países nórdicos, la industria de la vivienda es una de las principales consumidoras de tableros de fibra y parece probable que exista una relación similar entre la construcción de viviendas y el consumo de tableros de los demás países.

Cuadro 2

Producción, exportaciones e importaciones de tablero de fibra, 1957-1967

	Producción (millones de toneladas)		Aumento de 1957 a 1967 (porcentaje)		Exportaciones (millones de toneladas)		Aumento de 1957 a 1967 (porcentaje)		Importaciones (millones de toneladas)		Aumento de 1957 a 1967 (porcentaje)	
	1957	1967	1957	1967	1957	1967	1957	1967	1957	1967	1957	1967
Total mundial	3,42	6,18	6,1	0,62	1,15	0,53	1,16	6,3	0,53	1,16	8,1	
Países occidentales	0,74	1,02	3,2	0,44	0,58	0,00	0,00	2,9	0,00	0,00	-	
Países en desarrollo	0,10	0,29	10,9	0,00	0,03	0,07	0,07	20,0	0,07	0,12	5,5	
Porcentaje del total mundial	3,0	4,7		0,8	2,7	13,2	10,3					

Figura III. Consumo de tablero de fibra, 1950-1967, y necesidades estimadas para el periodo 1970-1975



Fuente: FAO. Las estimaciones máximas y mínimas están representadas por las líneas que encierran las zonas sombreadas.

Materias primas para la fabricación de tableros de fibra para la construcción

El problema de las materias primas que utiliza la industria de los tableros de fibra para la construcción es más cuantitativo y económico que técnico. Las investigaciones pueden llevar al perfeccionamiento de procesos técnicos que utilicen casi cualquier clase de materia prima, desde fibras de madera y vegetales hasta corteza de árboles. Se pueden utilizar resinas para reforzar los tableros y se cuenta con varios agentes reductores que permiten hacerlos resistentes a la humedad. Empleando fibras de madera, el costo de las materias primas en Europa representa entre el 20 y el 40% del costo total, según el tamaño de la fábrica y el proceso de fabricación empleado. Los factores que suelen determinar el emplazamiento de las fábricas de tablero de fibra son los costos de la mano de obra, del transporte y de la manutención y el almacenamiento de las materias primas, así como los relacionados con la comercialización del producto final.

En lo que respecta a las materias primas, hay muchas posibilidades de plantar bosques de rápido crecimiento. Por ejemplo, el eucalipto, que constituye una materia prima muy adecuada para la fabricación de tableros de fibra duros y semiduros, se puede cultivar en ciclos de seis a quince años. El crecimiento anual es de 10 a 60 metros cúbicos por hectárea. También se han logrado tasas de crecimiento similares con el álamo, el sauce y muchas maderas duras tropicales, y con ciertas especies de pinos cuya fibra tiene la calidad adecuada. Estas especies proporcionan fibras de madera en ciclos de doce a veinte años y tienen una tasa de crecimiento anual de 10 a 40 metros cúbicos por hectárea. Con campos concentrados de materias primas se consiguen pulpa y tableros de calidad uniforme. Estos hechos reafirman el potencial de las industrias forestales de los países en desarrollo.

Métodos de fabricación de tablero de fibra para la construcción

Los tableros de fibra para la construcción se clasifican en dos grandes grupos: prensados y no prensados. Los tableros prensados se fabrican haciendo pasar las fibras por agua (procedimiento en húmedo y procedimiento húmedo-seco) o por aire (procedimientos semi-seco y en seco). Todos los tableros no prensados se fabrican mediante el procedimiento en húmedo, que comprende el paso de las fibras por agua. En el procedimiento en húmedo, se utiliza agua para reunir la masa de fibras o "wet lap". Sin embargo, no en todas partes se cuenta con agua suficiente y es posible que el agua de deshecho de las fábricas contamine los alrededores, en cuyo caso habrá que utilizar el llamado procedimiento en seco. Con estos procesos, se fabrican tableros duros y medios de 2,0 a 30 mm de espesor con una gama de densidades de 600 a 1.200 kg/m³.

Los tableros no prensados se fabrican mediante el procedimiento en húmedo, en el que la "wet lap" es sometida a un tratamiento de secado. Con ese proceso se obtienen tableros blandos de 9 a 32 mm de espesor con una gama de densidades de 250 a 350 kg/m³. Este tipo de tableros se utiliza principalmente como material aislante.

La elección del proceso depende del tipo de producto que se desee obtener. Puede tratarse de un tablero con una o ambas caras lisas, delgado o grueso, liviano o pesado. Los tableros gruesos (>8 mm) y los livianos se fabrican más económicamente mediante el proceso en seco, mientras que para los tableros delgados (<8 mm) y pesados resulta mejor el proceso en húmedo. La utilización de ambos tipos de tableros por la industria de la ebanistería se remonta ya a muchos años atrás.

Utilizando antes del prensado y el secado diversos tipos de resinas y parafinas, según la calidad deseada, se obtienen tableros duros o medios con buena estabilidad dimensional. Para emplearlos en condiciones de humedad excepcionalmente elevada, se saturan los tableros con un aceite de secado al que se pueden agregar sustancias protectoras contra los hongos y las termitas.

Propiedades de los tableros de fibra para la construcción

Los tableros duros se utilizan sobre todo como material de recubrimiento en interiores, mientras que los tableros medios se utilizan en la ebanistería y, como material de recubrimiento, resultan adecuados tanto en lugares húmedos como a la intemperie. La manufactura de tableros de fibra se está ajustando a la producción de tableros para fines especiales, así como para uso general. La Organización Internacional de Unificación de Normas (ISO) ya tiene bastante avanzada la tarea de establecer normas para la producción de tablero de fibra para la construcción. A continuación se enumeran algunas de ellas:

- Recomendación R 766 - Determinación de las dimensiones de los trozos para ensayo
- Recomendación R 767 - Determinación del contenido de humedad
- Recomendación R 768 - Determinación de la resistencia a la flexión
- Recomendación R 769 - Determinación de la capacidad de absorción de agua
- Recomendación R 818 - Definición, clasificación

La fabricación de tableros con propiedades especiales está adquiriendo cada vez más importancia. Algunas de las variedades especiales son las siguientes:

- a) Tableros duros y medios para la construcción, con propiedades especiales como resistencia, facilidad con que se trabajan, estabilidad dimensional y resistencia al fuego;
- b) Tableros recubiertos de pintura, plástico, etc.;
- c) Tableros de calidad adecuada para fabricar ciertos elementos y armazones;
- d) Tableros de dimensiones normalizadas en milímetros o bases modulares (M = 100 milímetros).

Utilización de tableros duros y medios en la industria de la ebanistería^{1/}

Aunque la industria de la ebanistería ha avanzado, y continúa avanzando, hacia la racionalización, todavía se caracteriza por un elevado insumo de mano de obra. Su nivel de eficiencia está determinado por el tamaño de las series de producción; las series largas significan uniformidad de materias primas y calidad pareja.

Debido a su homogeneidad y a sus propiedades especiales, los tableros duros y medios son muy adecuados para la industria de la ebanistería. Ambos tipos de tableros tienen algunas características comunes, por ejemplo: a) tipo de superficie, b) facilidad con que se trabajan, c) pequeñas tolerancias, d) resistencia a ciertos esfuerzos, e) estabilidad de forma y de dimensiones y f) resistencia al choque; los tableros medios tienen propiedades específicas respecto de: g) la retención de tornillos, h) el aislamiento térmico y acústico e i) la resistencia a la humedad. A continuación se examinan separadamente cada una de estas propiedades.

^{1/} Véase también el artículo 18 de la parte segunda (Juhani Jantunen "Tecnología de la industria de la carpintería y la ebanistería").

Características de la superficie^{2/}

Por lo general, la superficie de un tablero de fibra se compone de fibras finamente molidas y bien encoladas; por lo tanto, es compacta y apta para el lijado, y se adhiere bien a las fibras de la base. Para ser de buena calidad, la superficie de un tablero de fibra debe ser lisa y tener fibras homogéneas. La pintura debe adherirse bien y la cantidad necesaria de este material debe ser pequeña (una pintura alquídica, aplicada con un rociador, debe rendir una superficie brillante con 22 g de pintura por metro cuadrado; o una pintura de dos componentes y catalizador ácido, aplicada por el procedimiento de "curtain-flow" debe rendir una superficie brillante con 60 a 80 g de pintura por metro cuadrado; (véase la figura IV). Para que sea posible lijarla, la capa superficial debe tener un espesor de 0,5 milímetros. La superficie debe pasar satisfactoriamente una prueba de resistencia a la humedad (a humedades relativas de 30 a 65% y de 65 a 90%) sin que se levanten las fibras o se vea la base. Las fibras de la superficie no deben generar tensiones en el tablero.

Se puede obtener una superficie de calidad especial impregnando el tablero con cola o con aceite secante; los tableros de esta clase pueden pasar por un proceso de lijado final en el aserradero. La cantidad de pintura que requieren es pequeña, y su superficie pareja y su calidad los han hecho muy populares para la fabricación de puertas.

Facilidad con que se trabaja el tablero

Para comenzar, hay que considerar las propiedades de los tableros de fibra que son más importantes para la industria de la ebanistería. Es muy difícil expresarlas en cifras, pero ello no les resta importancia. En primer lugar, el tablero debe tener buenas aristas y superficies y debe ser algo quebradizo pero resistente; es decir, debe resultar fácil trabajarlo con herramientas comunes. Se ha intentado expresar todo esto en cifras, pero hasta la fecha no ha resultado posible. A juicio de los autores, estas propiedades no son directamente proporcionales al peso específico sino a las variaciones de calidad que ocurren en relación con los cambios en las propiedades de las materias primas durante los procesos de refinado de la pulpa, encolado y templado al calor. Por otra parte, si el peso específico es bajo, el tablero tiene más estabilidad dimensional, es decir, es más resistente al alabeo.

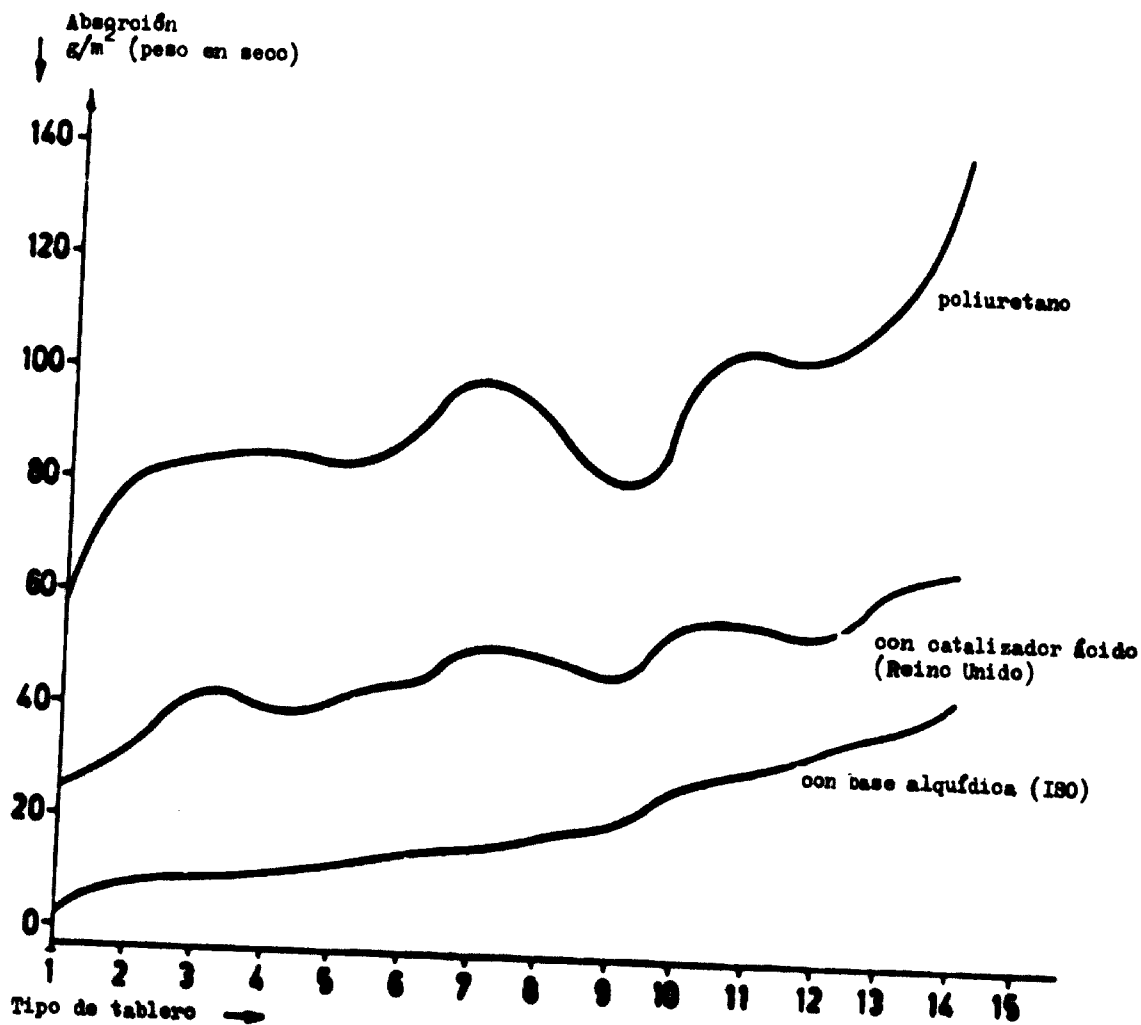
Resulta fácil trabajar tanto los tableros duros como los medios. Se los puede aserrar, cepillar, taladrar, perforar, maquinar y cortar. Un buen tablero no se agrieta ni se quiebra o se ablanda cuando se lo trabaja con cortadoras metálicas duras en condiciones normales. Las propiedades que hacen que estos tableros sean particularmente adecuados para la industria de la ebanistería son sus superficies lisas y sus aristas parejas, aun después de haber sido trabajadas.

Pequeñas tolerancias

En la actualidad, todos los tableros medios son calibrados y, a petición del comprador, los tableros duros se calibran con una tolerancia de $\pm 0,2$ mm. Se han normalizado las tolerancias respecto del largo y el ancho, y de la derecha y la perpendicularidad de los bordes. Los tableros pueden fabricarse también con las tolerancias que deseen los compradores.

^{2/} Véase también el artículo 5 (Simo Hyvärinen "Propiedades y empleos de tableros laminados decorativos con base de papel") y el artículo 19 de la parte segunda (P.Å. Biström "El acabado de la madera y de sus productos").

Figura IV. Resultados de los ensayos realizados con tres tipos de pintura para cubrir 15 tableros duros representativos provenientes de diversos serraderos



Resistencia a ciertos esfuerzos

Las características de resistencia comunes a los tableros duros y medios son, en general, satisfactorias para la industria de la ebanistería. La rigidez del tablero aumenta con el espesor. No obstante, debe señalarse que los tableros de fibra son viscoelásticos (figura V) y se estiran cuando se los somete a cargas pesadas durante períodos largos (figura VI). El Forest Products Research Laboratory (FPRL)^{3/} ha informado que la resistencia a la flexión básica de los tableros duros de 4,8 mm es, en general, comparable a la de los tableros de madera terciada, pero que los primeros tienen un módulo de elasticidad muy inferior al de los segundos (entre la tercera parte y la mitad).

Cuando se recubren los tableros con capas duras y que encogen, debe tenerse en cuenta la resistencia a la tracción perpendicular a la superficie ya que ésta puede alcanzar un punto crítico si el tablero está recubierto con una capa plástica que encoge en un lado; en este caso, es necesario aplicar otra capa que restablezca el equilibrio. En los tableros duros, la resistencia a la tracción contra la superficie debe ser de por lo menos $0,8 \text{ N/mm}^2$. Una resistencia a la tracción demasiado baja puede hacer que la capa se agriete o se quiebre, como en el caso indicado en la figura VII.

Estabilidad de la forma y las dimensiones

Todos los tableros a base de madera "trabajan" (es decir, se mueven) en función de la humedad relativa ambiente. En cierta medida, los tableros de fibra hacen esfuerzos tanto a lo largo como a lo ancho, pero este fenómeno es más visible en la dirección del espesor, en la que hay tensiones derivadas de la compresión que tratan de relajarse. Estos movimientos o esfuerzos son permanentes o variables según que la humedad relativa en el lugar en que se encuentra el tablero sea constante o varíe (figura VIII). Cuanto menor sea el contenido de humedad de equilibrio de un tablero, menor será su deformación.

La estabilidad de la forma consiste en la resistencia a las tensiones que tienden a doblar el tablero cuando la humedad relativa es muy elevada; es decir, alrededor del 90%. Si se sujeta o soporta el tablero por sus bordes largos, la elevada humedad causará una hinchazón no relacionada con el espesor del tablero. Por el contrario, la poca humedad puede provocar grietas debido al encogimiento.

Los tableros de fibra que han sido correctamente tratados con calor y humedad se deforman tan poco que son satisfactorios para la industria de la ebanistería, pero en la industria de la construcción, que utiliza los tableros de fibra para exteriores, las deformaciones ya están previstas como parte de la técnica de construcción (figura IX).

^{3/} Esta organización se llama ahora Princes Risborough Laboratory, Building Research Establishment. Su dirección es Princes Risborough, Bucks., Reino Unido.

Figura V. Resistencia a la tracción de cuatro tableros duros de 1,2 mm en función del tiempo de carga. Humedad relativa: 7%. Las extracciones lineales se indican con líneas de puntos.

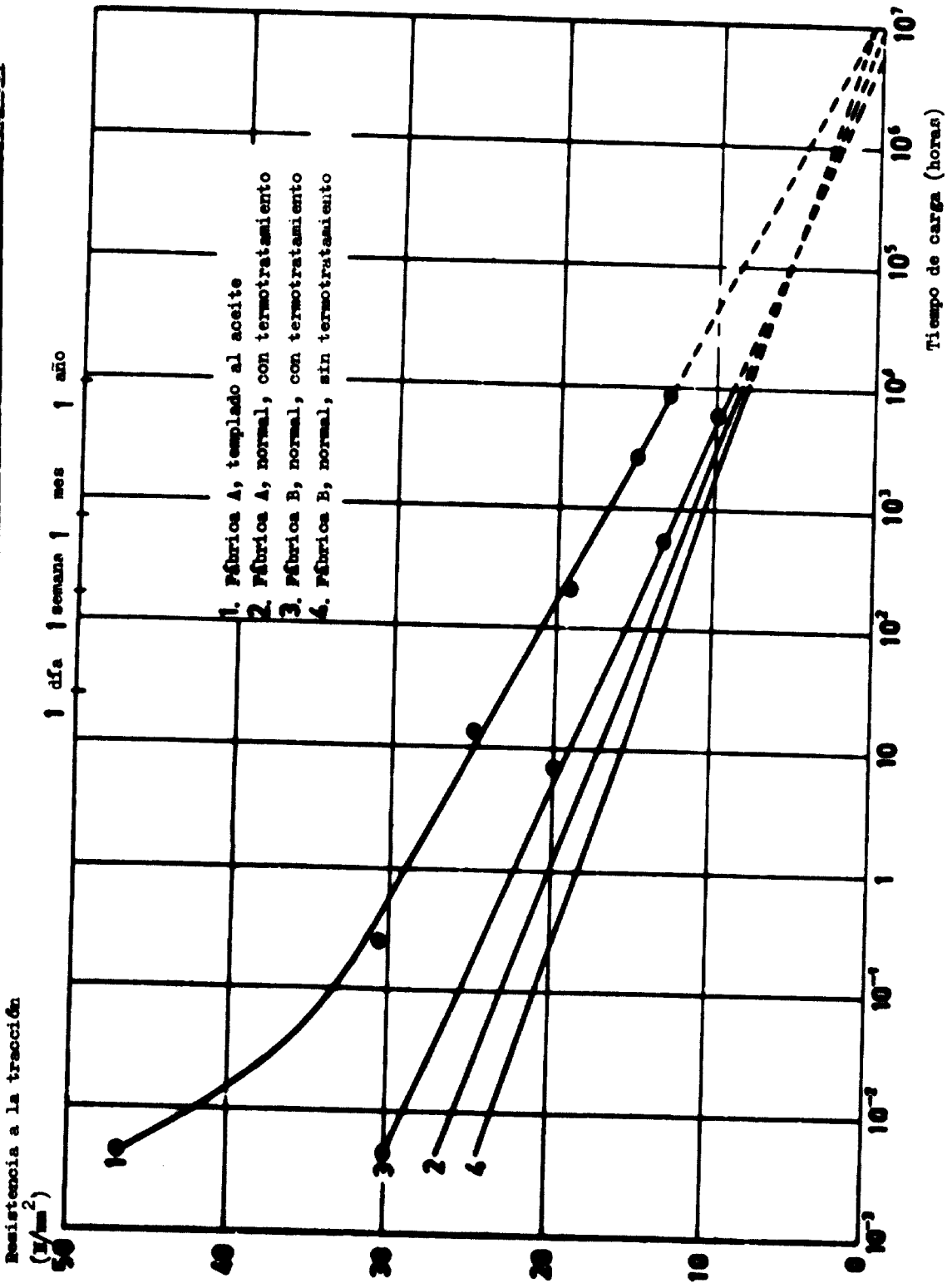


Figura VI. Alargamiento de tableros medios **Amplum** no templados, de calidad media (secado por aire a 165°C) y de tableros medios **Amplum** bien tratados con calor (secado por vapor a 205°C) en función del tiempo de carga.

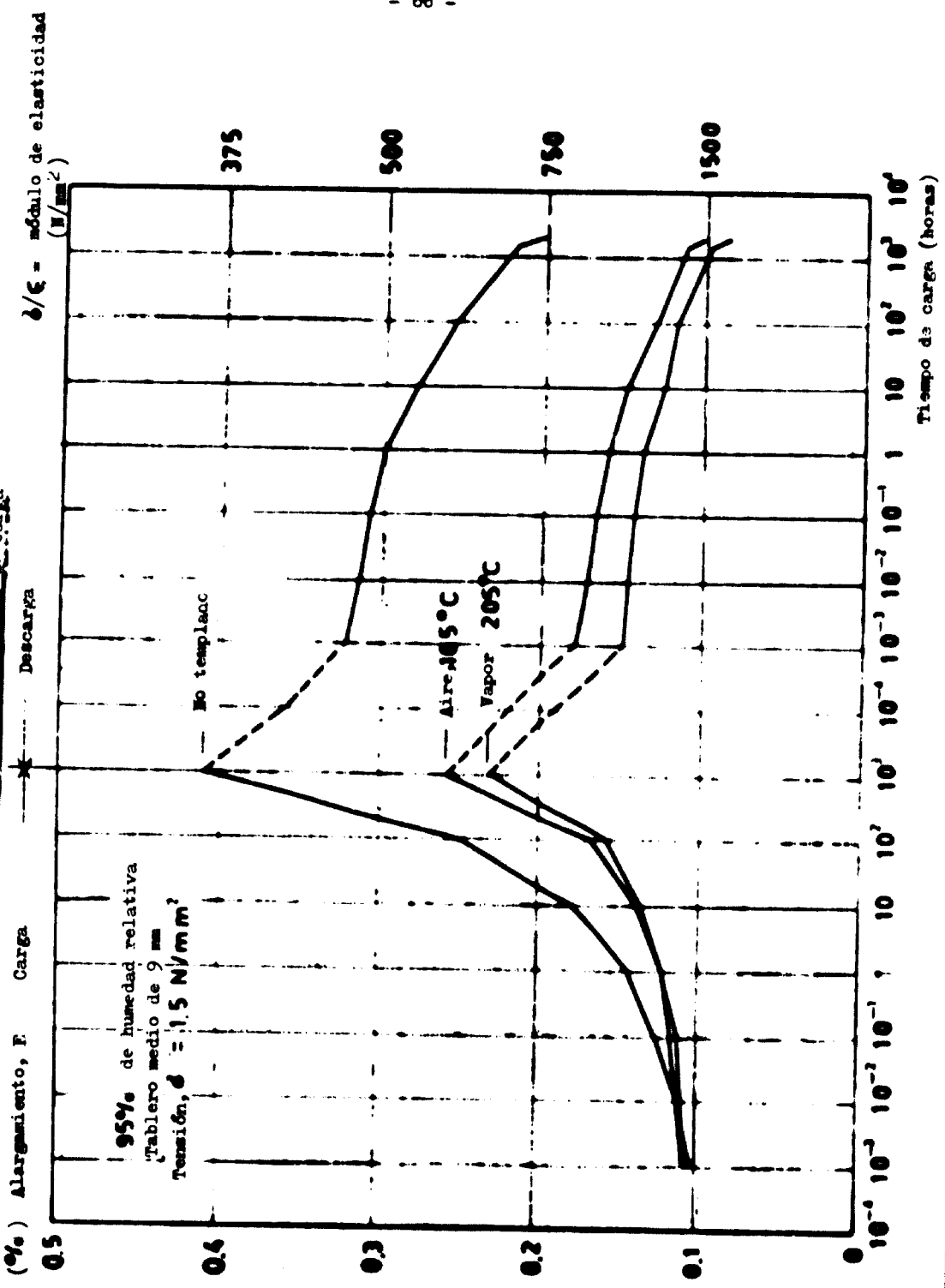
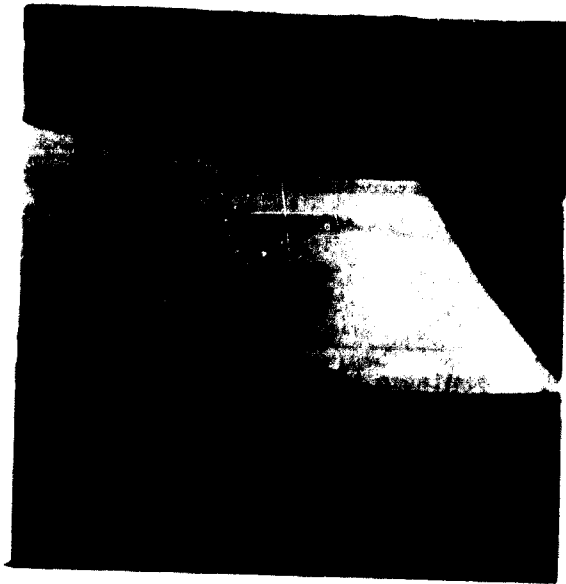


Figura VII. Agrandamiento de una capa de recubrimiento de resina de urea melancólica, y generación de la base de tablero duro, debido a su escasa resistencia a la tracción perpendicular a la superficie ($0,4 \text{ N/mm}^2$)



Resistencia al choque

En ciertos conjuntos, como las puertas con estructura de panel, la resistencia al choque de los tableros de fibra es importante. La superficie de los tableros de fibra utilizados para este propósito debe soportar esfuerzos dinámicos durante todo el período en que se utiliza el producto. Para realizar el ensayo de choque con cuerpos duros, se apoyan los paneles, en posición horizontal, en bandas de 15 mm de ancho, tanto por sus bordes de 900 mm como por el borde inferior de 600 mm. El borde superior se deja sin apoyar. Seguidamente, se deja caer una bola de acero de 50 mm que pesa 520 gramos desde una altura de 735 mm sobre la superficie del panel; su energía en el momento del impacto es de 3,75 joules, como lo requiere el proyecto de norma (figura X). Inmediatamente después del impacto, se mide la profundidad de la huella utilizando un medidor de cuadrante (figura XI).

Retención de tornillos

No es aconsejable poner tornillos en los bordes, ni siquiera en el caso de los tableros medios gruesos, pero en general se utilizan los marcos laterales cuando se fijan bisagras a la superficie del tablero (véase la figura IX).

Aislamiento térmico y acústico

Los tableros medios pueden utilizarse en construcciones en las que se requiera un aislamiento térmico y acústico moderado. Los tableros blandos cumplen los requisitos máximos a este respecto.

Resistencia a la humedad

Los tableros de fibra no contienen aditivos solubles en agua. Cuando se los fabrica a temperaturas superiores a los 200°C, tanto las fibras separadas como todo el tablero están "curados" contra deformaciones causadas por la humedad. En la industria de los tableros de fibra para la construcción, se utilizan aditivos químicos para compensar diferencias en las materias primas y en los métodos de fabricación y también para dar al producto ciertas propiedades especiales. El contenido de humedad de las planchas se ajustará a las condiciones del medio ambiente. La higroscopicidad de los tableros tiene gran importancia cuando éstos deben soportar diferentes esfuerzos por períodos cortos o largos; esta característica puede controlarse mediante la aplicación oportuna de un tratamiento térmico para reducir la humedad de equilibrio y la posibilidad de cambios dimensionales en el tablero. Gracias a su porosidad, los tableros medios pueden absorber y emitir humedad sin que se alteren sus dimensiones notablemente.

Elementos básicos de la industria de la ebanistería

En general, la industria de la ebanistería utiliza cuatro elementos básicos en sus construcciones (figura XII). Estos elementos son:

1. Elementos de carga (techos, pisos, fondos y estantes), que requieren una gran resistencia a la flexión y un alto módulo de elasticidad, por lo menos en las superficies exteriores;
2. Elementos de apoyo (paredes laterales), que deben tener una resistencia adecuada a la torsión y a la flexión;

Figura VIII. Medición de las deformaciones permanentes en espesor y en longitud (deformación dimensional permanente de equilibrio) de diversos tipos de tableros de fibra luego de varios ciclos (0 a 3) de mojadura-secado, a humedades relativas del 3% al 90%. Los tableros duros han recibido termotratamiento

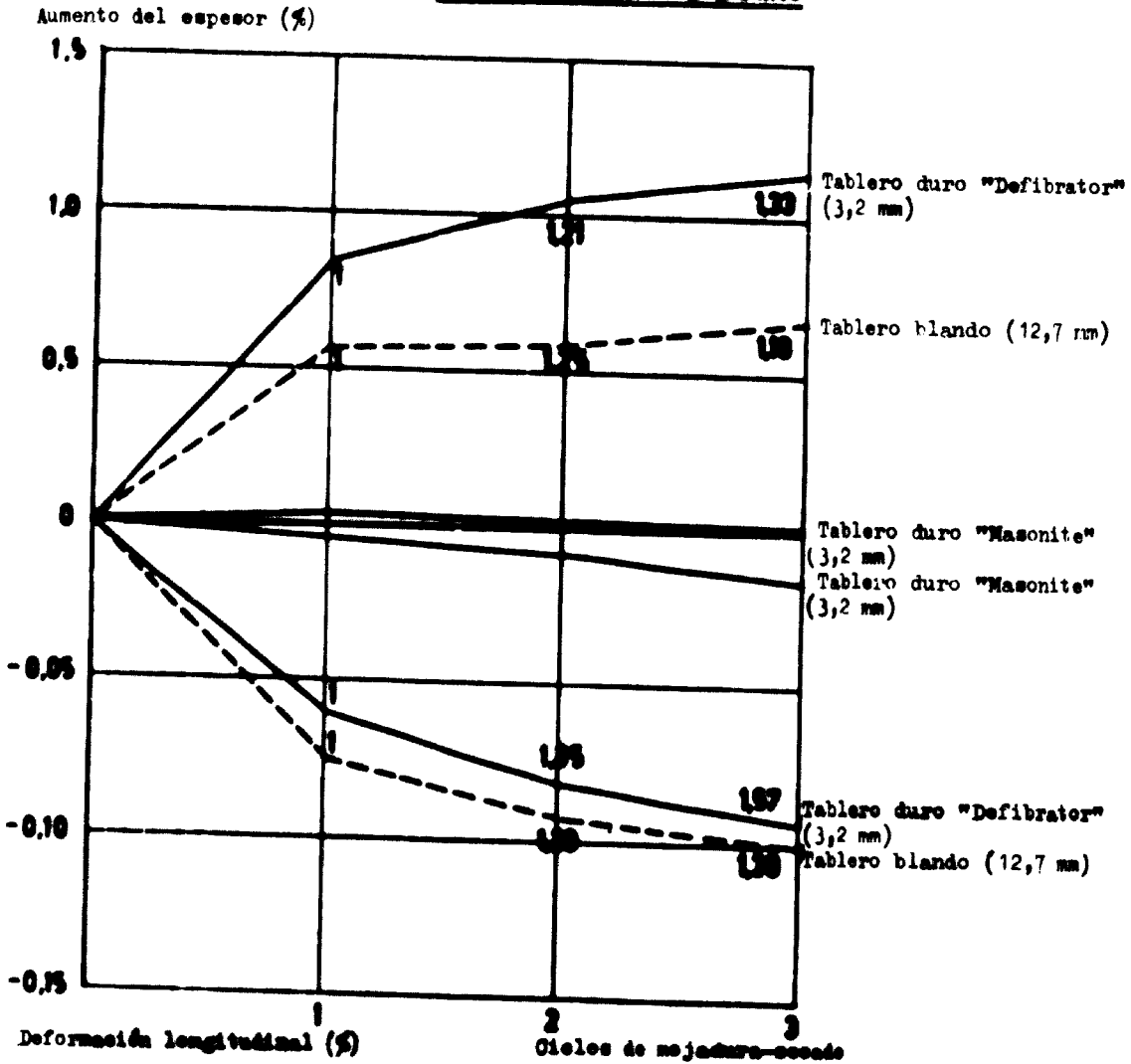
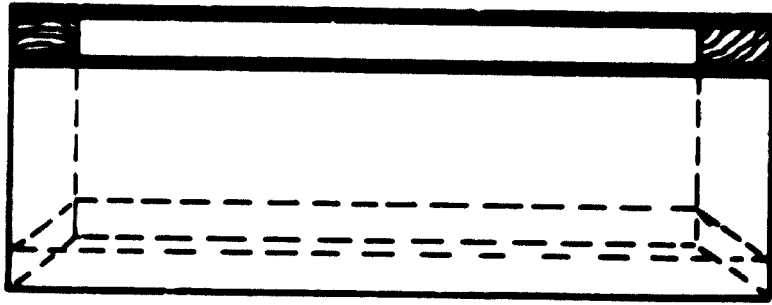


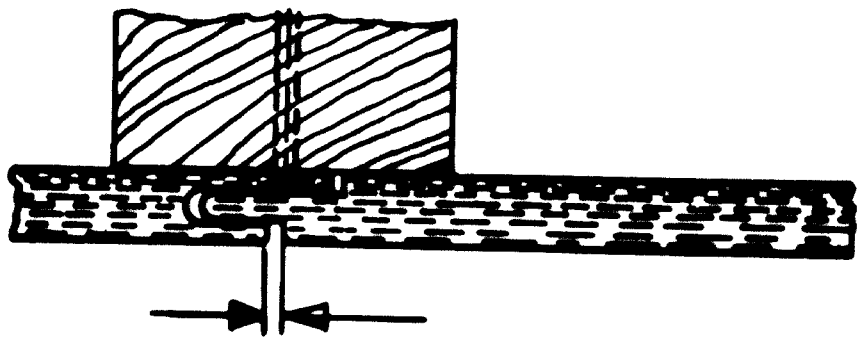
Figura IX. Detalles de construcción para el soporte de elementos de tableros de fibra



(a) Marco lateral de una puerta



(b) Soporte por los lados



Espacio previsto para la expansión

(c) Junta de construcción

Figura 1. Relación entre la energía del impacto y la profundidad de la huella en una pared alveolar de 52 mm, con paredes de tableros duros y alsa reticular, tipo A, de cartón (19 mm)

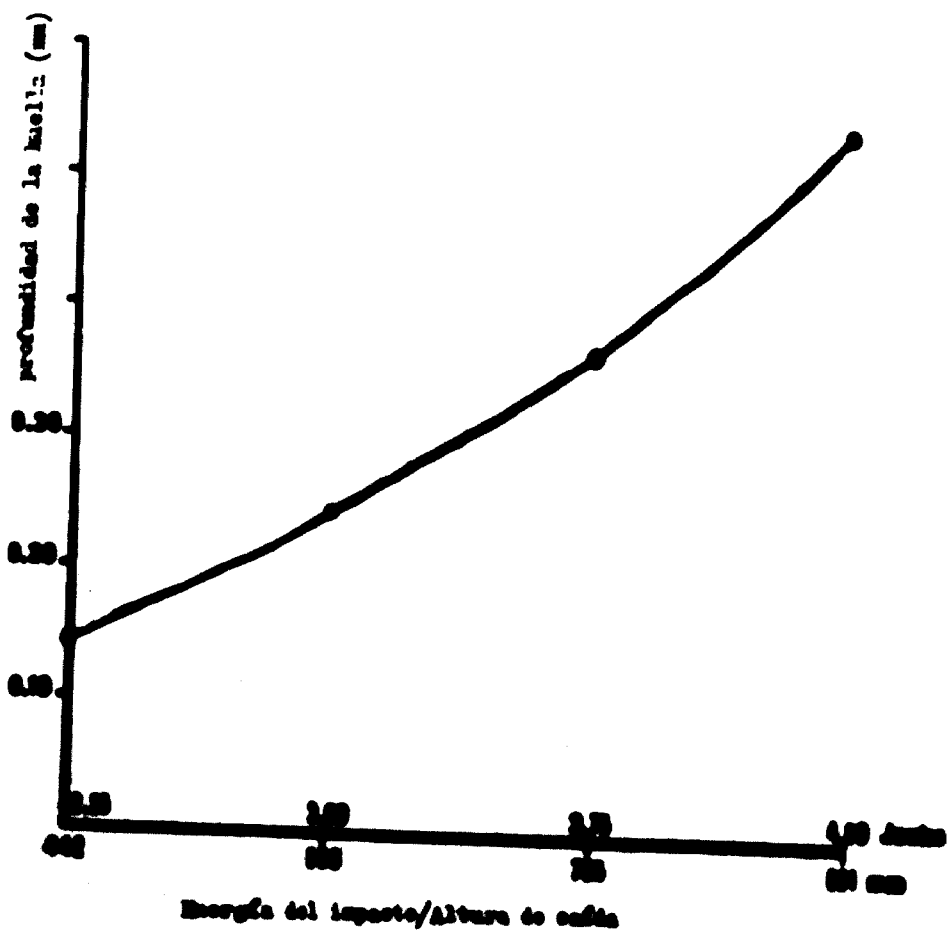
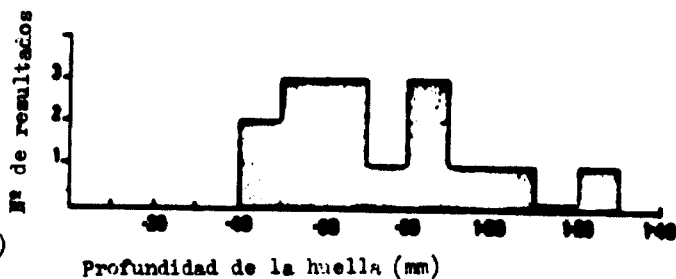
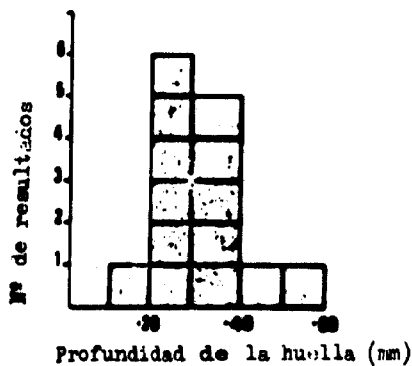
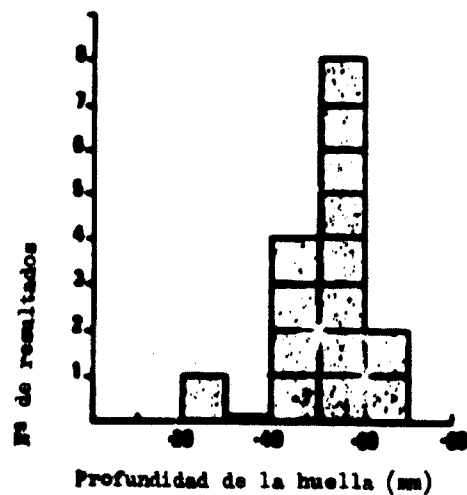
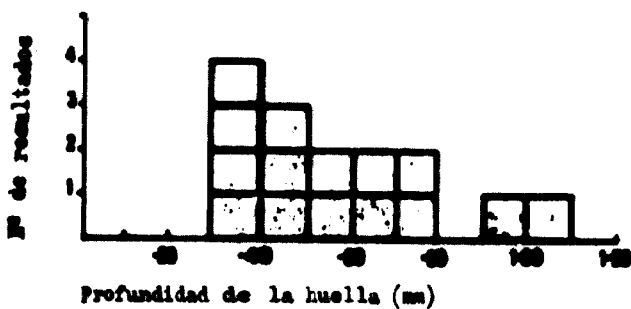


Figura XI. Distribución de los resultados (profundidad de la huella) obtenidos con paneles alveolares de tableros duros, de cuatro tipos representativos

Alma reticular, tipo E, de cartón (38 mm) Alma reticular, tipo D, de cartón (25 mm)



Alma reticular, tipo B, de papel kraft (12 mm) Alma reticular, tipo D, de papel kraft (25 mm)



3. Elementos que no soportan cargas (tabiques ligeros, puertas), que requieren una gran estabilidad de forma y de dimensiones y ofrecen la posibilidad de ser fijados por los bordes. También es conveniente que tengan elevada resistencia al choque y baja densidad;
4. Elementos de cobertura (revestimiento de paredes externas e internas, planchas pintadas o impresas, paredes internas), que deben ser delgados pero con una densidad lo bastante elevada como para que tengan suficiente resistencia a la flexión.

Los tableros duros son adecuados para fabricar los elementos comprendidos en los puntos 3 y 4 supra, cuando el producto, por ejemplo una puerta, es de construcción alveolar. Los tableros medios, gruesos y pesados, lisos en una o en ambas caras, se utilizan especialmente en la industria de la construcción para los elementos comprendidos en los puntos 1, 2 y 3 y como revestimiento tanto de interiores como de exteriores, pintados o tratados con otras sustancias. Los paneles verticales u horizontales de 10 a 12 mm de espesor se usan mucho a la intemperie (figura XIII). En la industria de la construcción, los tableros blandos son adecuados para fabricar los elementos comprendidos en el punto 4.

Las propiedades mecánicas y físicas de los elementos mencionados precedentemente pueden determinarse mediante métodos científicos y, por lo tanto, se pueden fabricar tableros que cumplan los requisitos técnicos propios de su uso final. En esta forma, se puede lograr la solución más económica y no se utilizan tableros que puedan ser de calidad excesiva o insuficiente. Al mismo tiempo, el surtido de calidades sigue siendo lo más pequeño posible.

Superficie y aspecto de los productos de ebanistería

Los productos de la industria de la ebanistería deben tener dos características principales: aspecto, superficie y color atractivos, lo que suele ser cuestión de gusto, y una superficie cuya calidad se conforme a las propiedades químico-físicas del producto y al uso que se le va a dar. Cuando estos requisitos se aplican a los elementos fundamentales mencionados precedentemente, se llega a las siguientes conclusiones:

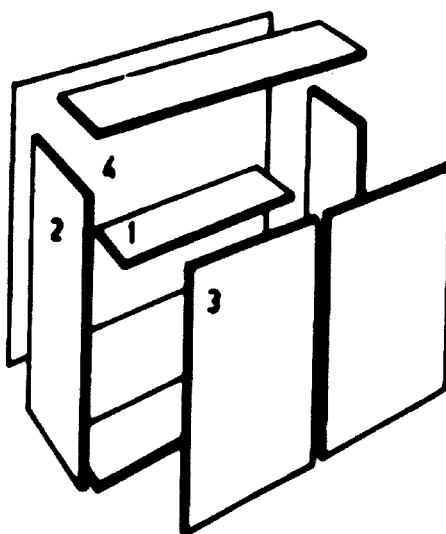
- a) La superficie exterior de los elementos de carga debe ser atractiva y muy resistente al desgaste mecánico y químico;
- b) La superficie exterior de los elementos de apoyo debe ser atractiva, estable a la luz y, en cierta medida, lavable y resistente a la humedad;
- c) La superficie de los elementos que no soportan carga debe ser de primera clase en cuanto a calidad, estabilidad a la luz y aspecto;
- d) La superficie de los elementos de cobertura debe estar bien adaptada al medio en el que se los va a utilizar;
- e) En general, los productos de ebanistería deben tener superficies duras, resistentes al desgaste, al choque, al calor y a la luz, y con un aspecto general higiénico.

Utilización de tableros duros y tableros medios elaborados en la industria de la ebanistería

Los tableros duros comunes son un material barato y, por lo tanto, su transformación también debe representar un costo muy bajo pues, de lo contrario, sería más rentable utilizar material más caro.

La superficie de los tableros de fibra es pareja, compacta y lisa por naturaleza, y el encojimientg o ensanchamiento paralelo a la superficie es mínimo. Además, se les puede aplicar revestimientos utilizando diversas técnicas modernas, por ejemplo:

Figura XII. Elementos básicos en las industrias de la construcción y del mueble



Clave: 1, elemento de carga; 2, elemento de apoyo;
3, elemento que no soporta carga;
4, elemento de cobertura.

Revestimiento con pulpa "de narfil" (pulpa de madera blanca molida)
Imprimación (enmasillado y rellenado)
Pintura y esmalte
Estampado mediante rodillo o pantalla de seda
Laminación (para usos en arquitectura y en construcción y para aplicaciones industriales)
Revestimientos por extrusión
Formación de revestimientos a presión
Perfilado a presión
Revestimiento químico e irradiación (impregnación con monómeros curados luego por radiación)

Se puede lograr un mejor aprovechamiento de los recursos madereros mejorando las superficies de materiales que son estructuralmente apropiados pero que no son atractivos o son difíciles de acabar, transformándolos así en materiales aptos para fabricar productos de gran calidad. Esto puede hacerse mediante la aplicación de un revestimiento que sirva de acabado o incluso de decoración. No obstante, el costo de la aplicación de dicho revestimiento debe ser lo suficientemente bajo como para resultar económico. Esos revestimientos han abierto nuevos mercados a los paneles de tableros de fibra, que pueden adaptarse especialmente a diversos usos finales. Las mejoras introducidas en la maquinaria de producción tienen por objeto descubrir y corregir defectos automáticamente en una operación continua.

Los tableros duros de superficie blanca se usan con mucha frecuencia en la industria de la ebanistería para fabricar paredes posteriores de armarios o fondos de cajones y camas.

Los tableros imprimados son fáciles de pintar y permiten obtener superficies lisas. Se los puede utilizar como tableros de base en aparadores y armarios.

Los tableros duros y medios, recubiertos con pintura de poliéster o alquídica, son productos comunes comerciales para ebanistería, que se utilizan principalmente para fabricar diversos tipos de muebles y revestimientos de paredes. Los tableros duros estampados y pintados se utilizan mucho en paredes, muebles y elementos posteriores. Los dibujos son de tipo tradicional, abstractos o imitan la madera. Se pueden variar sin que aumenten mucho los costos. El revestimiento se puede aplicar mediante técnicas modernas de estampado con pantalla de seda, que resultan muy baratas.

En arquitectura y construcción, la laminación de superficies se hace con melamina, urea, fenol, poliésteres, chapas plásticas o película de cloruro de polivinilo (CPV), que pueden ser blandos (plastificados), duros y semiduros (no plastificados). Los revestimientos de fibras tratadas con resina son de tres clases: de gran densidad, de densidad media y especiales.

Los paneles internos semiduros, revestidos en fábrica con película blanda de CPV o con tela, constituyen un producto útil para revestir paredes internas. Los plásticos duros de 0,5 mm de espesor se usan para revestir superficies verticales en habitaciones y en muebles, y los de 0,7 mm de espesor se emplean en suelos de cocina y en cajones que no requieren una gran resistencia al choque. Los revestimientos plásticos de 1,5 mm de espesor se utilizan cuando la superficie de los tableros duros o medios está expuesta a un gran desgaste, a choques o a un trato brusco.

La aplicación de laminados industriales puede aumentar la rigidez y las resistencias a la tracción, al desgaste, al choque y a las condiciones climáticas. Los revestimientos pueden ser de plástico reforzado con fibra de vidrio (FRF) o de metal. El procedimiento más común

consiste en aplicar en húmedo un compuesto de FRP y tablero; los adhesivos de fraguado en caliente y en frío se recubren con revestimientos metálicos. Las oclas de fraguado en frío tienen la ventaja de eliminar la mayoría de los problemas de estabilidad dimensional que se plantean cuando se prensan en caliente materiales con diferentes propiedades de dilatación térmica.

Los tableros medios y los marcos con ellos fabricados se revisten por extrusión y el tablero se recubre con un material termoplástico duro. Los cajones y otras partes de los muebles pueden ser revestidos por este procedimiento con película de CPV de 0,5 a 0,7 mm de espesor. Este compuesto de película y tablero resulta más barato, por ejemplo, que si se fabricaran las partes correspondientes con madera de haya maciza o con CPV premoldeado a los perfiles. Los revestimientos plásticos proporcionan un buen aislamiento a la humedad y aumentan la resistencia a la flexión del alma en un 30%. La República Federal de Alemania es una gran consumidora de tableros de fibra revestidos; en 1969, se fabricaron en ese país 6 millones de metros cuadrados de tableros duros revestidos y la mayor parte de éstos se utilizaron en la industria de la ebanistería y en la fabricación de televisores.

Los tableros duros (de 2 a 3,5 mm de espesor) pueden ser prensados en caliente, en húmedo o en seco, para darle diversas formas; el procedimiento consiste en calentar el tablero durante cinco segundos a unos 400°C y luego enfriarlo rápidamente hasta alcanzar la temperatura normal. Este tratamiento no disminuye prácticamente su resistencia. En los Estados Unidos se utilizan mucho diversas técnicas de conformación a presión; en ese país se fabrican anualmente 50.000 toneladas de tableros duros, conformados a presión para las industrias del mueble y del automóvil, en donde se los utiliza principalmente como material de alma para asientos y laterales de automóviles.

Los tableros duros y medios conformados a presión con plantilla y perforados se utilizan generalmente en la fabricación de aparatos de radio y televisión y de muebles. Los tableros medios tratados en húmedo, gruesos y con un peso específico de 0,6, son fáciles de mecanizar y los productos construidos con ellos son de buena calidad.

Los tableros de fibras pueden ser impregnados con productos químicos y curados luego por radiación. Si bien esta técnica todavía no está totalmente desarrollada se prevén nuevas esferas de aplicación en la industria de la ebanistería.

La utilización actual de tableros duros y medios en la industria de la ebanistería puede resumirse de la siguiente manera:

- a) Las medidas de los muebles y los aparadores de cocina están muy uniformadas de manera que, cualquiera que sea el fabricante, las dimensiones externas de las diferentes unidades son las mismas. Estas dimensiones son tales que permiten cortar las diferentes partes de los muebles de tableros estándar, con muy poco desperdicio. Las empresas de ebanistería pueden también encargarse de los tableros en las dimensiones estándar que les resulten más favorables desde el punto de vista del precio;
- b) En la fabricación de muebles de cocina no se observa ninguna tendencia a sustituir los tableros de fibra por plásticos. Por el contrario, se observa una vuelta a las antiguas cocinas tradicionales y acogedoras;
- c) En la industria de la ebanistería, las series son grandes y es típico que se preste mucha atención a los costos. Por ejemplo, respecto del acabado, aunque ya se pueden obtener buenos resultados con una sola capa de revestimiento, para ello se precisa utilizar un tablero duro de superficie densa;

- d) La labor de investigación realizada por la Furniture Industry Research Association, del Reino Unido, respecto de la resistencia al choque con un cuerpo duro de los paneles con alma, demuestra la superioridad del alma de papel alveolar para la fabricación de puertas;
- e) El Forest Products Research Laboratory (FPRL)^{4/}, del Reino Unido, ha completado ensayos relacionados con las propiedades estructurales de los tableros duros. Parece ahora razonable afirmar que los tableros duros templados de 4,8 mm pueden utilizarse con fines estructurales en condiciones que requieran una buena resistencia al oizallamiento y a la flexión. A este respecto, los tableros duros se pueden comparar favorablemente con los de madera terciada de 6,4 mm. Existen algunas limitaciones en cuanto a su uso debido a su bajo módulo de elasticidad, particularmente en condiciones de deformación por flexión, por ejemplo, en pisos estructurales;
- f) En un informe del FPRL^{4/} sobre la resistencia a la deformación transversal de las maderas utilizadas para paredes, se indica que se puede obtener un rendimiento general algo mejor con un panel revestido con tablero duro templado de 6,4 mm y con tablero de panel de 9 mm, en comparación con un panel similar fabricado con tablero contraahapado de abeto Douglas, para revestimientos exteriores, de 12 mm (figura XIV);
- g) Los tableros medios gruesos (de 6 a 20 mm), con densidades entre 600 y 800 kg/m³, son muy adecuados para la industria de la ebanistería; también se pueden fabricar tipos especiales para exteriores, que se utilizan en la industria de la construcción. El sistema de fabricación más rápido es el que utiliza el método en seco. Los tableros duros delgados (3,2 mm) para puertas y aparadores se fabrican generalmente por el proceso en húmedo. En la figura XV se da un panorama general del costo de los diferentes métodos y de la capacidad de producción cuando se utiliza una prensa de 4 pies x 24 pies. En definitiva, el número de "golpes" de la prensa determina la capacidad de producción.

En el cuadro 3 se describe un nuevo tipo de tableros duros -estándar, medios y templados en aceite- aptos para la construcción (K). Las cifras están separadas en dos grupos, según las necesidades propias de dos tipos de ambientes.

Los esfuerzos básicos se obtienen aplicando un factor de seguridad a los valores mínimos, según se indica en el cuadro 3, a fin de tener en cuenta aspectos tales como la frecuencia y la duración de la carga, la sobrecarga accidental y el tamaño y la forma del ejemplar de ensayo. Para los esfuerzos de torsión y de oizallamiento se considera aceptable un valor de 2,25 en el caso de la madera y los tableros de madera terciada. Respecto de los tableros duros, el FPRL^{4/} recomienda un factor global de seguridad de 3. En Suecia, Lundgren ha sugerido un valor de 2,66 para el reglamento de la construcción. En la figura XVI se indican la capacidad de carga y la distancia entre soportes permitidas para nueve tipos de vigas de madera y tablero duro con alma de tablero duro templado al aceite.

La situación de los tableros de fibra para la construcción en general debería mejorar como consecuencia de su aceptación como elementos que pueden soportar carga. Es evidente que está resultando posible una nueva gama de aplicaciones estructurales, tanto de los tableros duros como de los tableros medios y los tableros aislantes.

Los tableros de fibra para la construcción constituyen la forma más lógica y competitiva de utilizar la madera en forma de planchas. También permiten proporcionar materiales de buena calidad y económicos a las empresas que abastecen a las industrias de la construcción, la ebanistería y el mueble.

^{4/} Véase la nota 3, en la página 64.

Figura XIV. Relación entre las fuerzas y las deformaciones transversales en varios materiales de revestimiento, con una carga vertical de 22,3 kN (5000 lbf)

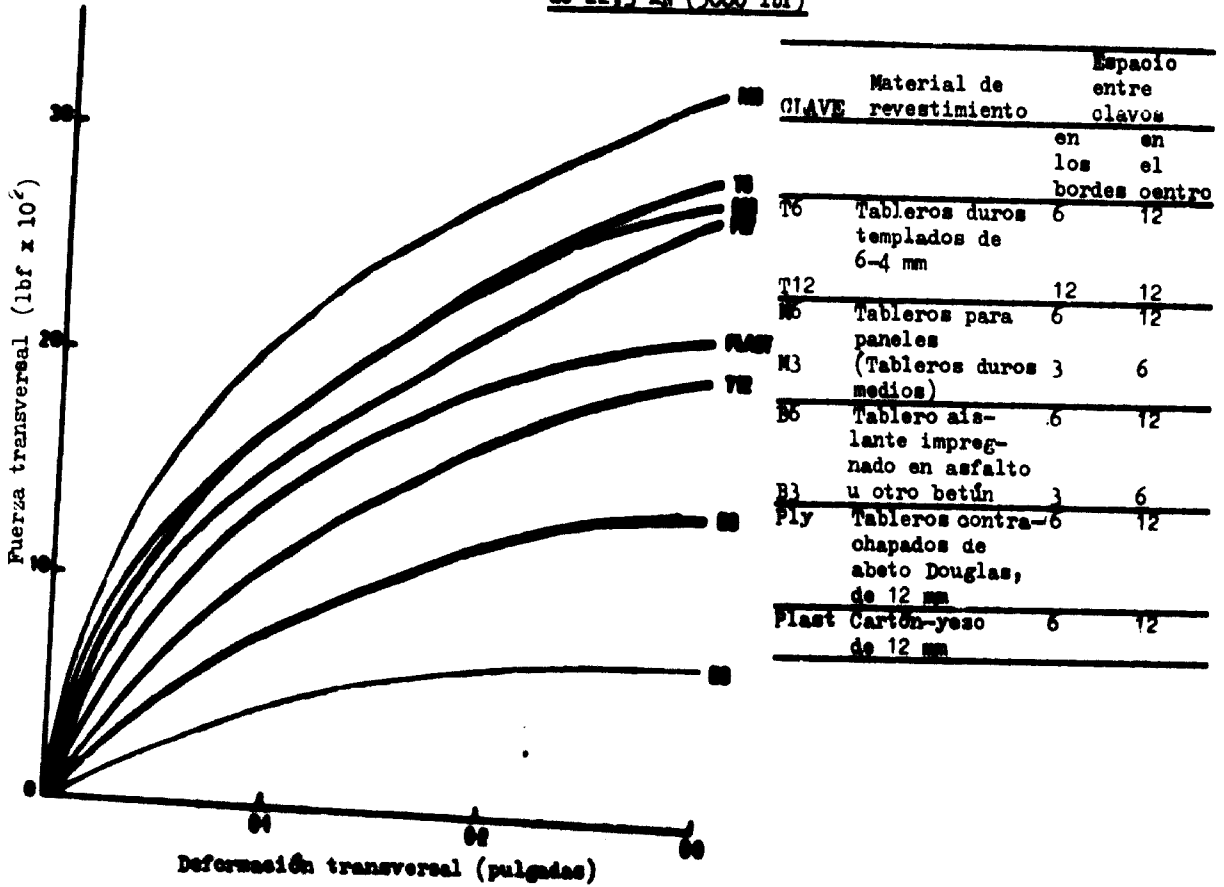
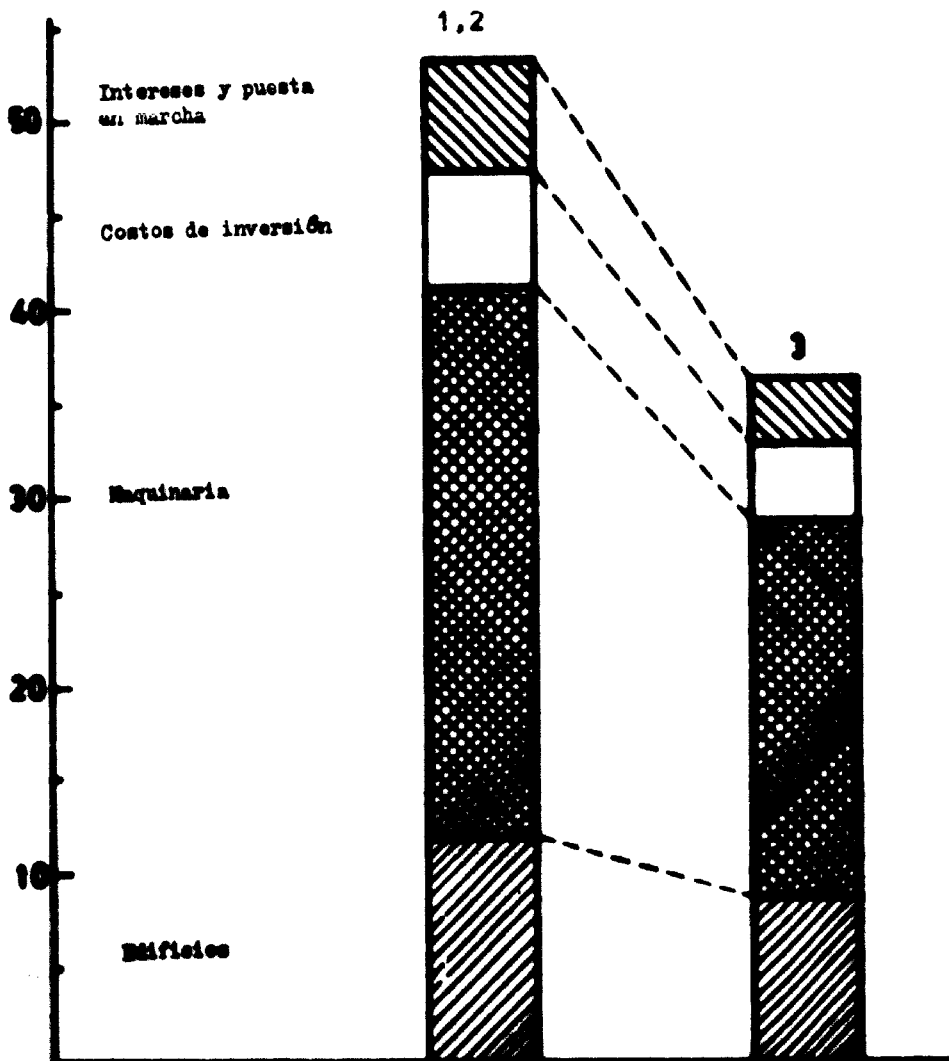


Figura XV. Inversiones necesarias para producir tableros medicos de 12 mm² por tres sistemas diferentes: 1) procedimiento en humedo, 27.000 toneladas anuales; 2) procedimiento en seco, encolado a base de fenol, 50.000 toneladas anuales; 3) procedimiento en seco, encolado a base de urea, 50.000 toneladas anuales

Millones de marcos
finlandeses



Cuadro 3

Resistencia permitidas en tres clases de tableros duros normales para la construcción de nuevo grado 00, en los grupos ambientales I y II

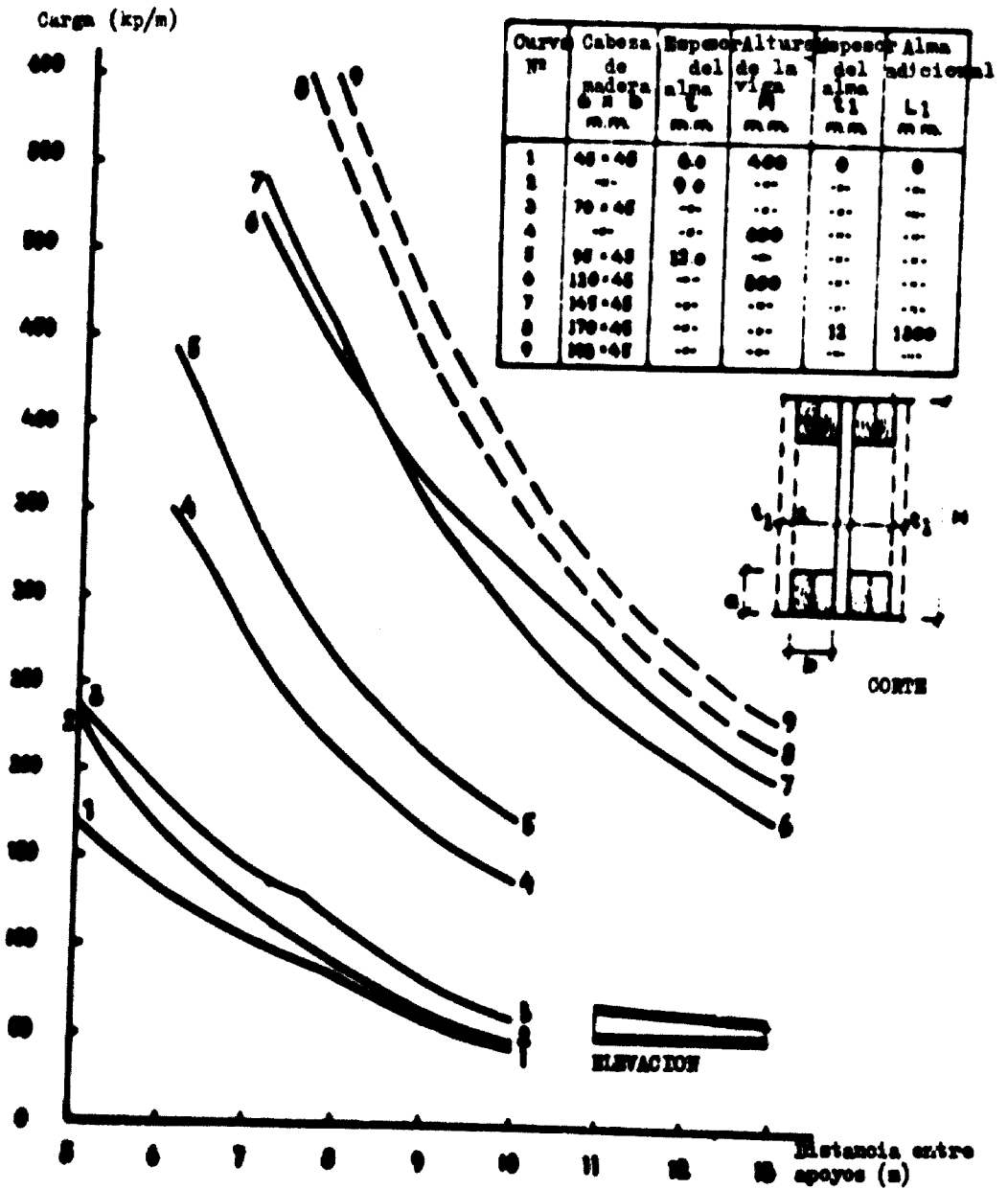
(Newtons por milímetro cuadrado)

Tipo de tablero	Tipo de resistencia									
	Flexión		Tracción		Compresión		Cizallamiento		Módulo E	Módulo G
	//	⊥	//	⊥	//	⊥	Superficie	Panel	//	Cizallamiento de panel
GRUPO I:										
Temple al aceite	11	6	0,2	6	5	0,4	4	3.500	1.800	
Estándar	7	5	0,15	4	5	0,3	3	1.700	830	
Calidad media	3	1		1	1	0,05	1	880	440	
GRUPO II:										
Temple al aceite	5	3	0,08	2	5	0,3	2	1.800	880	
Estándar	3	2	0,05	1	5	0,2	1,3	880	440	
Calidad media	1	0,8		0,4	0,5	0,4	0,6	340	200	

Fuente: J. Lundgren, Tréskivet som byggmaterial, Nyteping, 1967.

g/ Grupo I: la mayoría de los elementos estructurales en edificios con calefacción, con una humedad relativa inferior al 75%; Grupo II: la mayoría de las estructuras en edificios con calefacción provisional, ventilados, con una humedad relativa de hasta el 95%.
 Símbolos: // - paralelos a la fibra de la cara; ⊥ - perpendicular a la fibra de la cara.

Figura XVI. Capacidad de carga y distancia entre apoyos de nuevas vigas de madera y tablero con alma de tablero duro laminado al aceite. Medio ambiente de tipo II.



5. PROPIEDADES Y EMPLEOS DE TABLEROS LAMINADOS DECORATIVOS CON BASE DE PAPEL*

Muchos materiales de plástico, como el cuero de imitación, los textiles recubiertos de plástico, las películas de plástico y, en gran medida, los tableros laminados, se emplean ahora para recubrir interiores. Los tableros laminados de plástico decorativos con base de papel (es decir, laminados o tableros laminados decorativos) se fabrican, como su nombre indica, de papel y plástico. Los papeles impregnados de plástico se prensan a una temperatura elevada bajo una presión muy alta (100 kp/cm^2 , es decir, 1.400 lbf/pulgada cuadrada) entre planchas de acero hasta formar un tablero homogéneo. El laminado decorativo contiene dos tipos distintos de plástico y tres tipos de papel. La parte interna está formada por papel kraft y resina de fenolformaldehído y la parte de la superficie visible está constituida por papel decorativo ("decoración") estampado o liso y una capa completamente transparente. Ambos papeles han sido impregnados con resina de melamina y formaldehído, que es una sustancia dura, transparente y muy resistente al calor.

Los tableros laminados decorativos con superficie de resina melamínica se vienen fabricando industrialmente en varios países desde los años 40. Las marcas más conocidas son Formica en los países de habla inglesa, Resopal en la República Federal de Alemania, Perstorp en Suecia, tablero-IKI en Finlandia y algunas otras en diversos países. La producción mundial es de más de 200 millones de metros cuadrados (2.000 millones de pies cuadrados) al año. Los principales países productores son los Estados Unidos de América, Francia, Italia, Japón, el Reino Unido, la República Federal de Alemania y Suecia. Las fábricas mayores producen más de 10 millones de metros cuadrados al año, y las medianas de 2 a 3 millones aproximadamente. El tamaño mínimo económico de una planta de laminados depende de las circunstancias locales, pero una producción anual de 1 millón de metros cuadrados es, en muchos casos, la menor en esta escala alcanzada por una línea de máquinas.

Según las estadísticas europeas, el laminado decorativo se emplea mayormente para muebles de cocina (42% aproximadamente), otros muebles (35% aproximadamente), vehículos de pasajeros tales como buques, autobuses y trenes (7%), revestimientos de puertas y paredes (12%) y otros fines diversos (4%). Las cifras varían notablemente de un país a otro; en los países escandinavos, por ejemplo, la proporción empleada en vehículos ha sido del 17%. El empleo más típico y antiguo de los laminados sigue siendo para tableros de mesas en cocinas, tiendas y cafés; el empleo se ha extendido a las superficies verticales de muebles de cocina, puertas, cuartos de baño, interiores de hotel, muebles y las paredes interiores de buques de pasajeros, autobuses y trenes. Por ejemplo, se necesitan unos 50.000 metros cuadrados de laminado decorativo para un buque de pasaje de lujo. En las figuras I, II y III, se muestran ejemplos de tales empleos.

* Monografía presentada al seminario por Simo Hyvärinen, G.A. Serlachius Oy, Departamento de Plásticos, Kolho, Finlandia. (Publicada originalmente con signature ID/WG.105/28/Rev.1.)

El aspecto del tablero laminado depende del papel de decoración y del acabado de la superficie. Como se ha mencionado anteriormente, el papel de decoración puede ser estampado o liso. Los estampados se dividen en tres grupos principales, a saber, imitaciones de vetas de madera, imitaciones de textiles y dibujos de fantasía. Los rodillos impresores se hacen por fotograbados; de este modo es posible, por ejemplo, hacer que los dibujos de vetas de madera parezcan auténticos. Sin embargo, la circunferencia del rodillo suele ser sólo de unos 30 cm (1 pie), lo que quiere decir que el motivo se repite a espacios de 1 metro aproximadamente.

Las fábricas mayores tienen sus propias máquinas impresoras y sus colecciones de diseños, pero las medianas y pequeñas compran sus papeles impresos a los mismos subcontratistas. Esto hace que puedan figurar exactamente los mismos diseños en las colecciones de varios productores distintos. Es también posible que un productor compre los derechos exclusivos para un rodillo determinado y de este modo tenga un diseño particular en su colección. Los papeles de decoración lisos se pintan enteramente en la fábrica de papel. Por consiguiente, no vale la pena fabricar cantidades muy pequeñas de algún color escogido por separado.

Aunque es muy difícil, se ha intentado explicar a los arquitectos que es más fácil adaptar una pintura a un laminado que hallar un laminado que haga juego con determinado matiz de pintura. También es posible modificar el aspecto del tablero mediante el acabado de la superficie, que suele ser brillante, semimate o mate.

Hace poco que se ha empezado a disponer de las llamadas superficies tridimensionales. Las más populares de ellas tal vez sean las imitaciones de vetas de madera con un acabado poroso; en otras palabras, la superficie se parece más a la madera que antes. La tercera dimensión se ha empleado también para imitar textiles, a fin de obtener superficies con efecto de relieve.

Si se omiten el papel decorativo y la última capa del laminado, el producto se llama laminado "industrial" o "técnico". Se utiliza principalmente en piezas de máquinas y en muebles, por ejemplo para las caras inferiores de tableros de mesas a fin de dar suficiente homogeneidad a la estructura.

Es posible variar considerablemente el espesor variando la cantidad de papel interior en el laminado. Es posible hacer un tablero laminado de 50 mm (2 pulgadas) de grosor. Aunque el material más delgado que se vende tiene 0,5 mm los espesores comerciales más corrientes son: 1,6; 1,4; 1,0; 0,8 y 0,7 mm. En general, los fabricantes prefieren espesores de 1,6 a 1,0 mm, porque es difícil manejar material más delgado en láminas de gran tamaño. Estas tienen tendencia a romperse y agrietarse, por lo que el resultado no es más económico que si se utilizan tableros más gruesos. El material de un espesor de entre 1,6 y 1,0 mm se utiliza principalmente para superficies horizontales, y el material más delgado (de 1,0 a 0,7 mm) para superficies verticales. Algunos tableros laminados no requieren una resistencia a la abrasión especialmente alta y, por tanto, puede omitirse la última capa, en especial cuando se trata de tableros de un solo color. Como consecuencia, la dureza y fragilidad del tablero disminuyen simultáneamente. La tolerancia en el espesor suele ser de $\pm 10\%$.

El tamaño de los tableros varía considerablemente según los fabricantes. La longitud varía de ordinario entre 245 y 360 cm (8 y 12 pies) y la anchura entre 125 y 180 cm (4 y 6 pies); las dimensiones corrientes son 125 x 245 cm (4 x 8 pies) y 125 x 305 cm (4 x 10 pies). La anchura más corriente, con mucho, es de entre 122 y 127 cm, ya que de ella se pueden obtener

dos anchos de mesas de cocina. Como el producto se vende cortado en determinados tamaños y no, por ejemplo, en rollos, hay desperdicios tanto en la longitud como en la anchura.

El laminado decorativo es muy resistente al desgaste y a la abrasión. Otra ventaja importante es que tolera temperaturas superiores a 100°C (212°F). Una olla con agua hirviendo puede ponerse sin peligro sobre un tablero laminado, e incluso un cigarrillo encendido puede permanecer sobre él hasta 2 minutos sin dañar la superficie. Estas ventajas y propiedades se deben principalmente a la resina melamínica, que es dura y transparente. En tableros para superficies horizontales, esta propiedad se acrecienta mediante una última capa con un contenido particularmente elevado de resinas.

Figura I

Superficies laminadas en la cocina de un tren

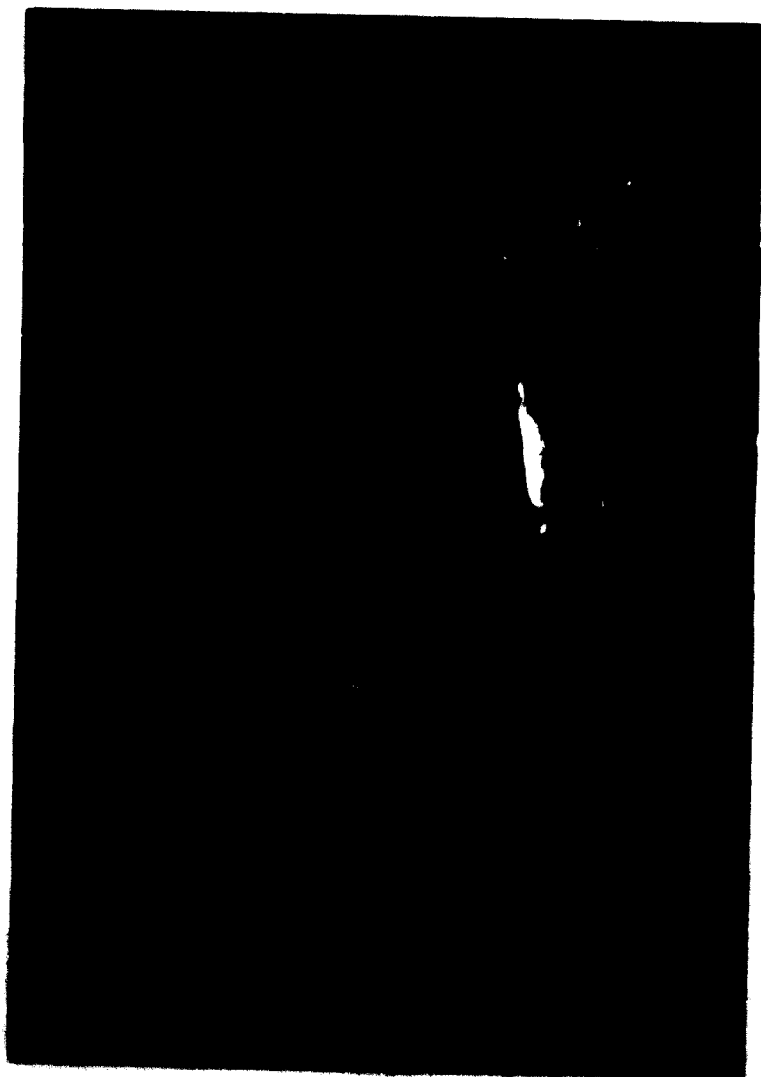


Figura II

Superficies laminadas en la cabina de un buque

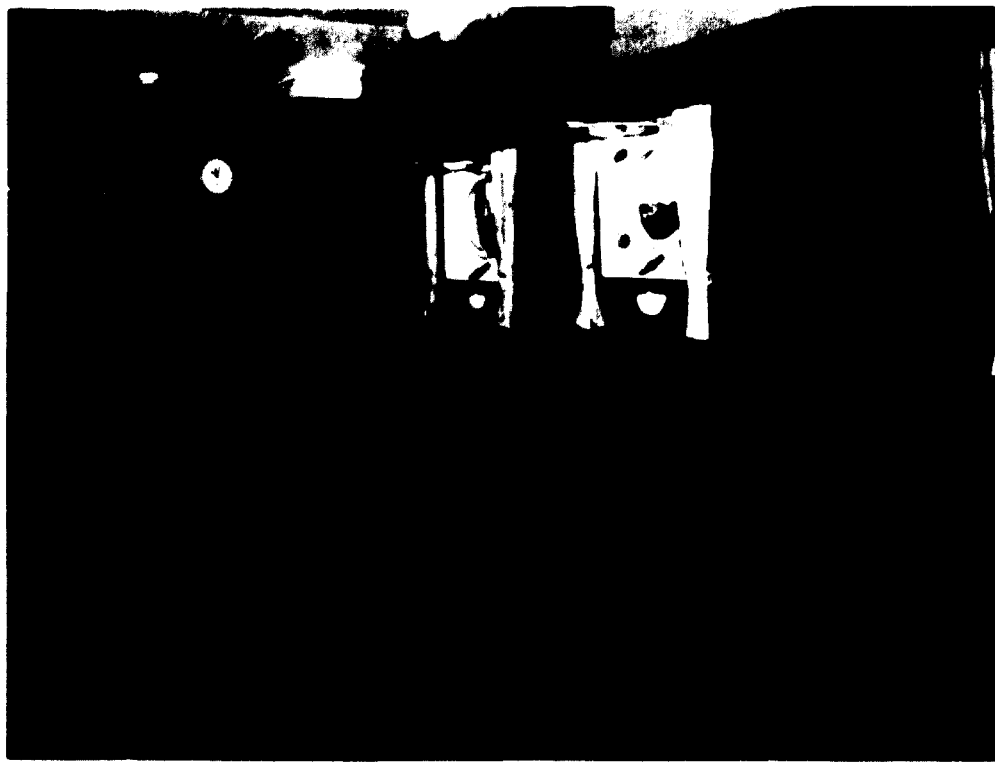


Figura III

Superficies laminadas de un comedor escolar



Por otra parte, los laminados decorativos tienen también algunos inconvenientes que se derivan del hecho de estar formados por tres materiales distintos: papel, resina fenólica y resina melamínica, cada uno de los cuales tiene sus propias características físicas y químicas distintas. Cuando estos materiales se laminan juntos, la parte interior y las superficies se comportan de modo distinto. Las variaciones de temperatura y de humedad causan tensiones entre las capas que pueden traducirse en separación de las láminas y alabeo o combadura. Las características del papel son las que producen la mayoría de los efectos negativos, y, como el papel constituye el 60% del laminado, las resinas no pueden eliminar por completo estos efectos.

Las fibras de papel tienden a absorber la humedad de la atmósfera e hincharse, y en ambientes secos desprenden humedad y se encogen. El resultado es que las dimensiones del tablero cambian algo con la humedad relativa de la atmósfera. Por ejemplo, si el laminado, tomado del almacén frío y húmedo, se pega a un tablero de virutas y se mantiene después en ambiente seco, encogerá y causará fuerte tensión. Si el tablero de virutas no está firmemente sujeto, se doblará y, en circunstancias extremas, el laminado se agrietará. Este peligro se evita pegando el laminado en condiciones normales; es decir, ni muy húmedas ni muy secas, con lo que se eliminan en parte los inconvenientes derivados de la inestabilidad dimensional. El papel da también solidez al tablero, así como la inestabilidad dimensional anteriormente mencionada, que difiere en los sentidos transversal y longitudinal. Como las fibras de papel están más orientadas en la dirección longitudinal, las mismas características se manifiestan también en el laminado. El resultado es que el tablero se hincha y encoge más en sentido transversal que en sentido longitudinal. El grado de hinchamiento, de situaciones completamente secas a humedad tropical, puede ser de 0,8% en sentido transversal y 0,3% en sentido longitudinal, o la tensión interna puede corresponder a estas cifras. La misma diferencia se observa también en la resistencia a la tracción y en el módulo de elasticidad, que son mayores en sentido longitudinal que en sentido transversal. También en este caso, aunque el papel produce este inconveniente, presta solidez al tablero laminado. Además, es fácil imprimir varios diseños sobre el papel.

Para el control de calidad de los tableros laminados, las normas NEMA (National Association of Electrical Manufacturers, de Nueva York) son las de uso más corriente. Algunas otras son también importantes, como las DIN (Deutsche Industrie Normen) de la República Federal de Alemania, las BS (British Standards) del Reino Unido y las SIS (Sveriges Standardiseringskommission) de Suecia, que se utilizan en todos los países escandinavos. Estos sistemas y los números que utilizan para medir las propiedades más corrientes de los tableros laminados figuran en el cuadro 1. Algunos de los ensayos se muestran en las figuras IV-VII.

La mayoría de las máquinas utilizadas en ebanistería sirven para mecanizar tableros laminados. Sin embargo, para uso constante es conveniente disponer de herramientas con cuchilla de carburo de tungsteno, ya que su afilado duradero facilita el acabado de los ángulos del tablero y acelera el proceso de fabricación.

Cuando los tableros laminados se sierran a tamaño correspondiente a los del material de base, el tablero ha de colocarse contra la hoja de la sierra de modo que ésta corte primero el costado decorado. En el trabajo de fábrica, los cortes rectos se hacen con sierras circulares y los cortes curvos con sierras de cinta.

El tablero laminado se fija con cola al marco, que de ordinario es de tablero de madera, como tablero de virutas, enlistonado, de alma laminar, y de madera terciada. Pueden utilizarse también bases de metal y de piedra.

Hay normas generales para la aplicación de colas de madera, tales como colas uréicas, cola de acetato polivinílico (PVA), y las colas a base de fenol, y, en casos especiales, colas de contacto y colas que se aplican en caliente. Según los casos particulares y los medios de prensado de que se disponga pueden aplicarse las normas siguientes:

- a) Cola de acetato polivinílico, cuando no es imprescindible una buena resistencia al calor y a la humedad;
- b) Colas uréicas endurecidas en frío, si se dispone de amplia capacidad de prensado y no se desea una especial resistencia a la humedad;
- c) Colas uréicas endurecidas en caliente, si el material del marco es suficientemente sólido para evitar los efectos de la tensión resultante de la dilatación térmica;
- d) Colas de fenol y de resorcinol, cuando se requiere una especial resistencia a la humedad;
- e) Colas de contacto, cuando no se dispone de prensa o su empleo no es práctico;
- f) Colas epoxídicas o colas de contacto binarias, cuando los tableros laminados tienen que fijarse a superficies metálicas;
- g) Se utilizan colas que se aplican en caliente para recubrir los bordes de tableros de mesas y de otros paneles. En todos los casos, han de observarse durante la snooladura las instrucciones del fabricante de la cola.

Las tiras de recubrir bordes pueden ser de madera, metal o plástico. Las de madera y de plástico acanaladas deben pegarse con cola. Cuando se utilizan tiras de metal, deben fijarse firmemente al marco con tornillos colocados tan próximos como sea conveniente. El tablero laminado puede emplearse como material para recubrir bordes, pegándolo sencillamente al marco y alisando o cepillando después los ángulos de unión.

En superficies verticales, el laminado puede fijarse también con tiras o listones. Se utilizan diversos tipos, que pueden ser de aluminio, de plástico o de madera (véase la figura VIII). Además de las tiras, se puede utilizar cola elástica en la mitad del tablero. Este método de instalación se utiliza, por ejemplo, en cocinas, para recubrir la pared entre los armarios, y en los cuartos de baño y de aseo, los buques y los trenes.

El uso de laminados decorativos para recubrir paredes exteriores es bastante reciente, pero todavía se tiene poca experiencia respecto de su idoneidad para este fin. La resistencia a la luz solar tiene particular importancia en este caso. El laminado para paredes exteriores suele tener grandes dibujos, y su espesor es de unos 3 mm.

Hay algunas modificaciones de los tableros laminados, de las cuales pueden mencionarse tres: laminados postmoldeados, laminados incombustibles y laminados de baja presión, en otras palabras, tableros de viruta laminados directamente. En principio, los laminados postmoldeados se fabrican del mismo modo que los laminados corrientes. La resina se ha modificado de modo que es posible ablandarla de nuevo y doblar el tablero en dos dimensiones. De este modo, pueden hacerse esquinas curvas. Para ello, el que utiliza el tablero tiene que disponer de equipo para calentarlo hasta 160°C y doblarlo como se desea.

Cuadro 1

Métodos de ensayo de tableros laminados de plástico decorativos

<u>Características ensayadas</u>	<u>Ensayos utilizados^{a/}</u>			
	<u>NEMA</u>	<u>SIS</u>	<u>DIN</u>	<u>BS</u>
Resistencia a la abrasión	LD 1-2.01	-		
Resistencia al agua hirviendo	LD 1-2.02	N 70 50 02	53799	3794
Resistencia a alta temperatura	LD 1-2.03	24 58 03	53799	
Resistencia a cigarrillos encendidos	LD 1-2.04	-	53799	
Resistencia a las manchas	LD 1-2.05	24 58 05	53799	
Resistencia a la luz	LD 1-2.06	24 58 05	53799	
Resistencia a la humedad	LD 1-2.07	24 58 01		2782
Estabilidad dimensional	LD 1-2.08	24 58 06	53799	
Resistencia a la flexión	LD 1-2.09			3794
Módulo de elasticidad	LD 1-2.09			3794
Deflexión de ruptura	LD 1-2.09			3794
Inspección del aspecto	LD 1-2.10			3794
Resistencia a la tracción	LD 1-2.14		53455	
Resistencia al choque	LD 1-2.15			
Resistencia al rayado con lápices	-	18 41 87		
Transmisión del vapor de agua	-		53122	
Dilatación térmica	-			
Conductividad térmica	-			

^{a/} NEMA - National Association of Electrical Manufacturers; SIS - Sveriges Standardiseringskommission; DIN - Deutsche Industrie Normen; BS - British Standards.

Figura IV

Aparato de ensayos de abrasión Taber, con muestras de laminado ensayadas y sin ensayar

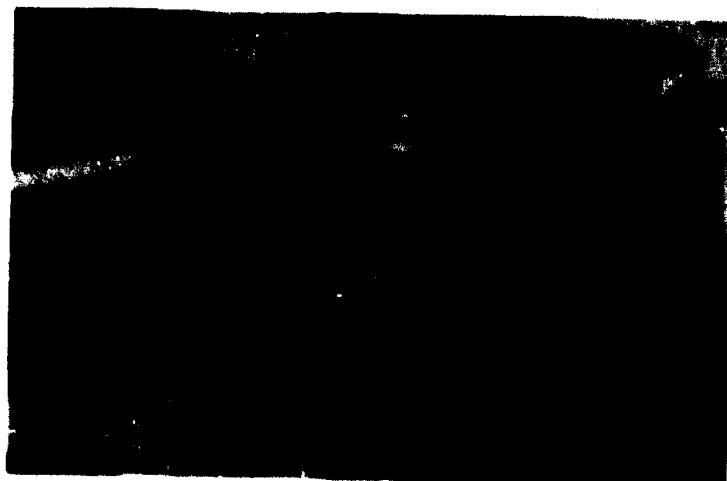


Figura V

Ensayo de la resistencia a la luz. Una mitad del tablero se cubre con una lámina de metal, y la otra se expone a la luz



Figura VI

Medición de la resistencia a la flexión de un tablero laminado. La parte central se somete a presión hasta que se rompe el tablero



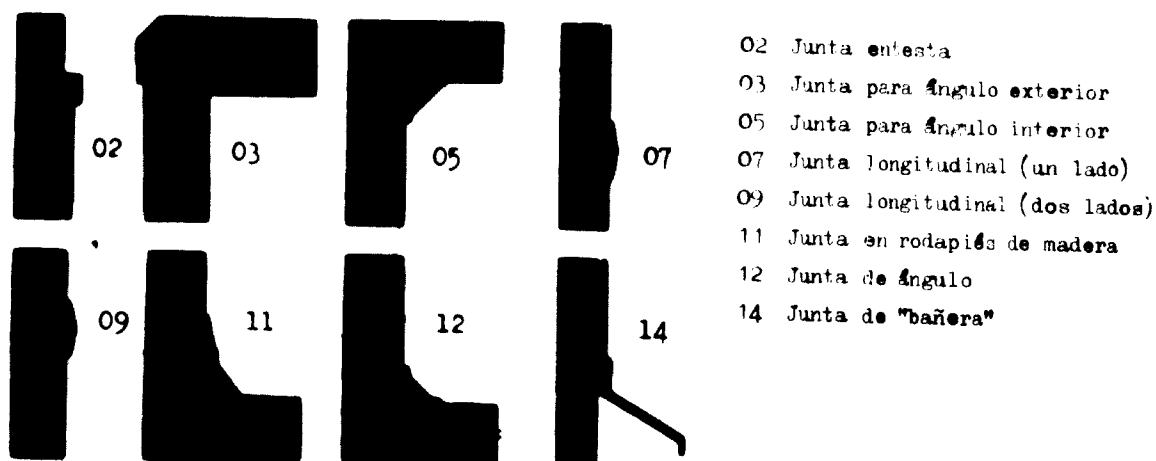
Figura VII

Ensayo de choque de un tablero laminado. Se deja caer una bola de metal sobre el tablero desde una altura de 90 cm (36 pulgadas)



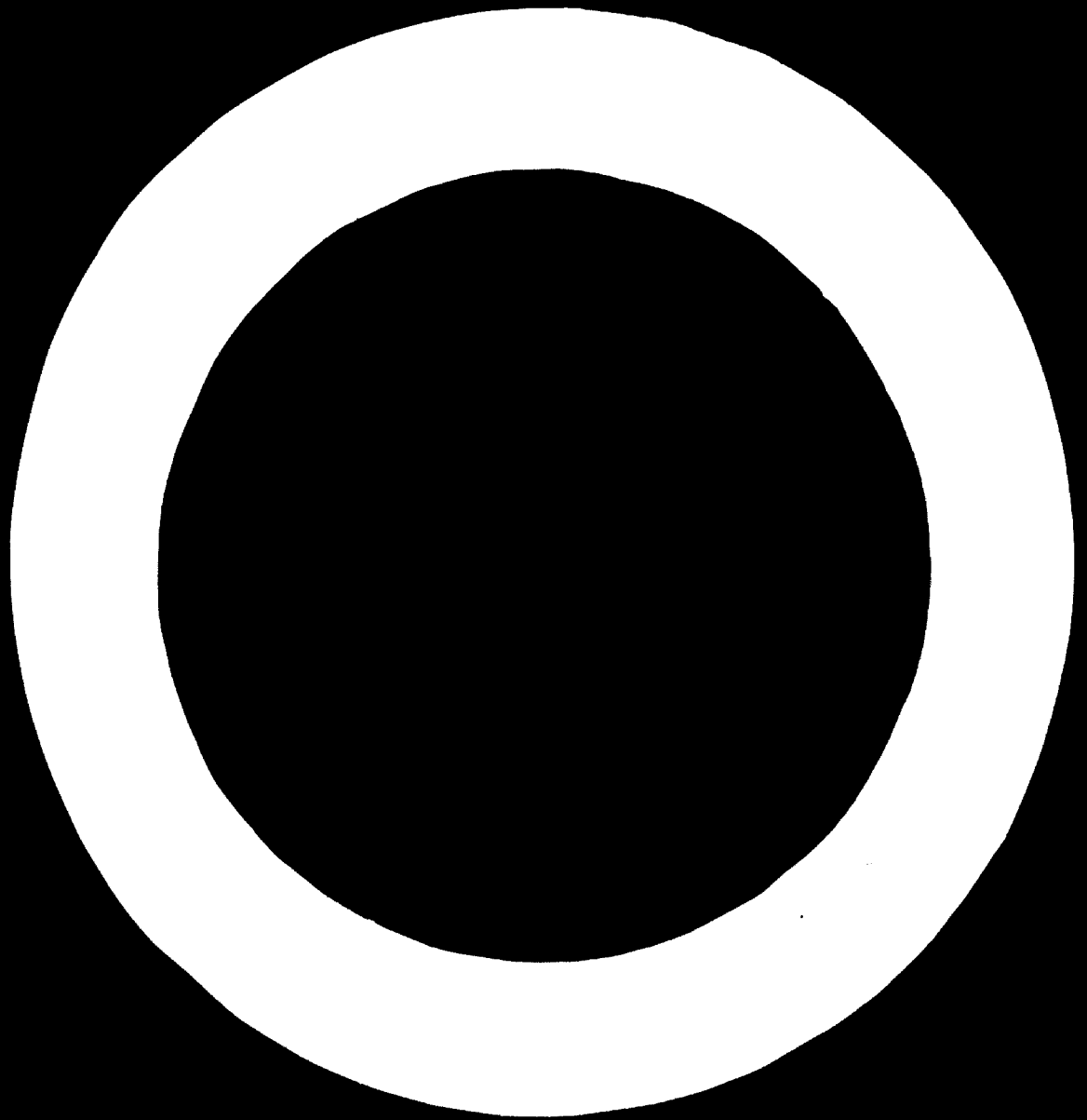
Figura VIII

Piezas de metal acanaladas para fijar tableros laminados



Los tableros incombustibles se utilizan en buques. En ellos, se añaden ciertas sustancias a la resina o al papel para impedir que el tablero arda. Es posible hacer que el tablero sea autoextintor e incapaz de arder por completo, pero el laminado se carbonizará en circunstancias correspondientes a las de un incendio. Los tableros laminados directamente difieren mucho de los laminados corrientes; están hechos prensando papel decorativo directamente sobre la superficie del tablero de virutas. Por tanto, sólo puede utilizarse una presión de 15 kp/cm^2 para impedir que el tablero quede comprimido.

Los tableros laminados directamente se utilizan para las superficies interiores de muebles de cocina, pero no para tableros de mesa. Son, naturalmente, menos duraderos que los tableros corrientes, pero más baratos porque no necesitan encolado; la laminación y la unión tienen lugar en la misma fase. El empleo de laminados ha crecido sin interrupción en todo el mundo; en Europa occidental el incremento ha sido del 10% anual, aproximadamente. Esto se debe principalmente a que los laminados permiten obtener superficies duraderas, atractivas e higiénicas.



6. EMPLEO DE COLAS Y OTROS PEGAMENTOS EN LA FABRICACION DE MUEBLES Y LA EBANISTERIA^m

Antecedentes históricos

La técnica de pegar con colas u otros adhesivos es muy antigua y se remonta casi hasta el comienzo de la historia. Se han encontrado informaciones precisas al respecto en Egipto, hacia el año 2000 A.C., y en la Tebas griega, hacia 1500 A.C. Por lo tanto, desde esos primeros indicios hasta hoy han transcurrido entre 3500 y 4000 años. El historiador romano Plinio el Viejo (23-74 D.C.), en su libro Historia naturalis, da instrucciones muy claras sobre el encolado.

Durante los siglos XVII y XVIII, el encolado era un método de trabajo bastante corriente en diversas partes del mundo. En el curso del siglo XIX, empezaron las investigaciones sistemáticas sobre el particular. Hasta finales del siglo XIX, todas las colas estaban formadas por materiales tomados de la naturaleza. Entre ellas estaban las verdaderas colas, hechas a partir de diversos residuos animales, y la caseína de la leche, las secreciones gomosas de ciertos árboles y otras materias vegetales.

Los pegamentos sintéticos hicieron su aparición a principios del siglo XX. Entre 1902 y 1909, el belga L.H. Baekeland introdujo su baquelita fenólica. Así fue como se inició el fantástico auge de los plásticos y de los adhesivos a base de plásticos, que todavía sigue. Durante el decenio de 1930 aparecieron varias colas sintéticas, entre ellas la de urea (carbamida). A partir de este momento, y principalmente durante la segunda guerra mundial, se han desarrollado intensamente las técnicas de unión. Persiste este rápido progreso del encolado, especialmente con respecto al empleo de colas a base de plástico.

El encolado y otros métodos de unión

El encolado no sustituye a otros métodos de unión, sino que los complementa de una manera excelente. He aquí algunas de sus ventajas e inconvenientes.

Ventajas

- a) Una ventaja esencial de las juntas encoladas es que la tensión se distribuye en ellas de una manera relativamente uniforme, aunque esto dependa en cierta medida de cómo están construidas. La figura I pone de manifiesto esta ventaja de la junta encolada por comparación con una junta remachada, en la cual la distribución de tensiones es muy desigual;
- b) Se puede utilizar la cola para unir materiales muy distintos, que no se pueden soldar o que son difíciles de trabajar por medios mecánicos. Ejemplos típicos de ello son los metales duros, los materiales cerámicos, los materiales a base de cemento y otros materiales inorgánicos. Si los materiales que han de unirse tienen coeficientes de dilatación muy diferentes, puede muy bien ocurrir que la junta encolada sea la única posibilidad, siempre y cuando se seleccione la cola correcta.

^m Memoria presentada al seminario por el Sr. Jaako Meriluoto, Instituto Técnico de Lathi (Finlandia). (Publicado originalmente con signatura ID/WG.105/26/Rev.1.)

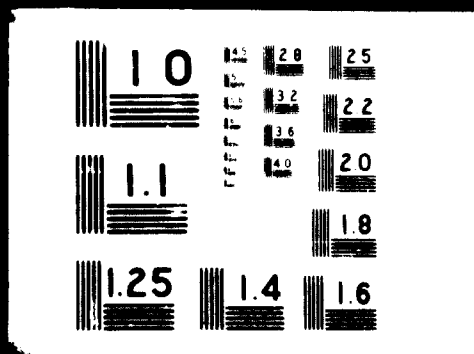


75.04.09

2 OF 2

04906

S



- c) Gracias a la distribución uniforme de la tensión, se pueden utilizar piezas delgadas, lo cual permite ahorrar peso y costos. Por consiguiente, el encolado resulta muy ventajoso cuando hay cargas dinámicas, como vibraciones y trepidaciones;
- d) Se pueden utilizar las colas en estructuras interlaminares y en relación con materiales aislantes ligeros, como espumas endurecidas, con los cuales otros métodos de unión resultan casi imposibles;
- e) Los tipos de colas adecuados tienen un efecto de relleno o "alisado" de poros y otras irregularidades superficiales. Además, la capa de cola resiste a las variaciones de presión;
- f) La capa de cola puede servir de amortiguador de vibraciones;
- g) La superficie de las partes encoladas es lisa, cosa que no ocurre con las juntas atornilladas, remachadas o soldadas;
- h) Debido a sus propiedades aislantes, la unión encolada impide la corrosión electrofítica entre partes metálicas.

Esta lista se podría alargar, pero con lo expuesto ya se ponen de relieve las ventajas de las juntas encoladas.

Inconvenientes

- a) Todas las uniones encoladas tienen zonas de termorresistencia relativamente limitadas. Si la temperatura es inferior, y especialmente si es superior, a determinados límites disminuyen los coeficientes de resistencia y la capacidad de soportar cargas variables. Hay que considerar a este respecto que una temperatura de 250°C (480°F) constituye el límite máximo;
- b) Una carga estática de muy larga duración puede ocasionar fatiga (deformación) en la unión encolada. En algunos casos, ésta empieza gradualmente a agrietarse, lo cual a su vez aumenta considerablemente su sensibilidad a los choques. La presencia prolongada de agua, disolventes y otros productos químicos intensifica los efectos del envejecimiento;
- c) Muchas colas necesitan bastante tiempo para fraguar. Durante este intervalo, el proceso de encolado exige a menudo un equipo muy costoso;
- d) Las superficies que se han de encolar deben prepararse con cuidado. La tarea es particularmente laboriosa en el caso del encolado de metales;
- e) Es necesario proceder con gran cuidado durante el proceso de encolado, el cual requiere además un control ininterrumpido (proporción adecuada de los componentes de la cola, viscosidad y acidez de las partes componentes y de la mezcla, cantidad de materia sólida contenida en la mezcla, cantidad de cola extendida y uniformidad de la capa, tiempo durante el cual permanece al descubierto la capa de cola, presión y tiempo de prensado, temperatura, tiempo de postendurecimiento).

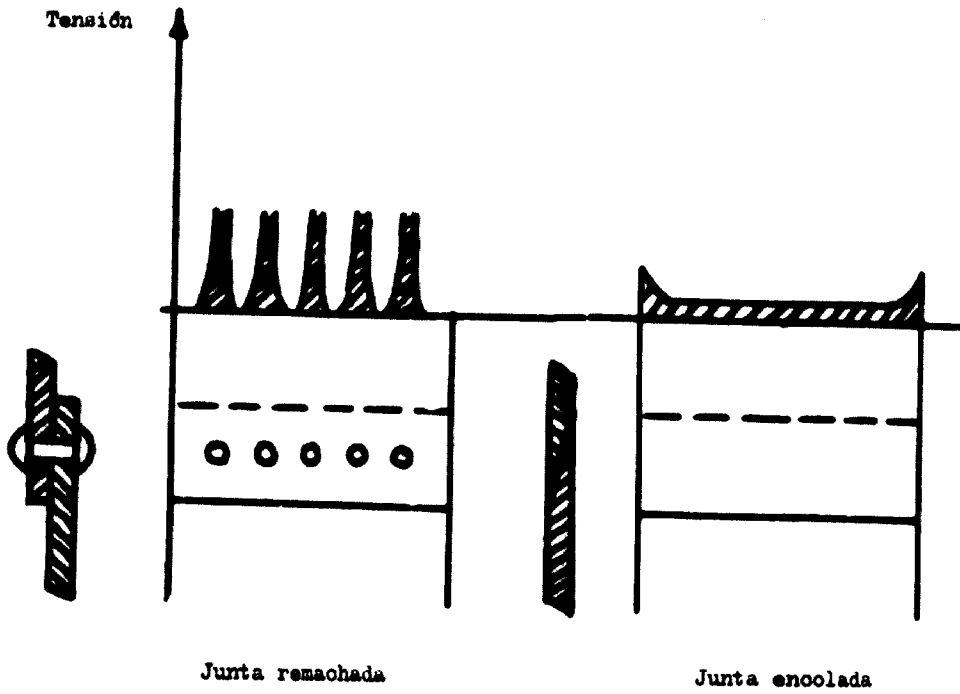
Los rápidos progresos de las técnicas de encolado y la química de las colas abrevian sin cesar esta lista de inconvenientes; por otra parte, es posible evitarlas con destreza y con un control metódico. Los inconvenientes que se acaban de enumerar no restan importancia en ningún caso a las ventajas que ofrece el encolado como método de unión de piezas en la fabricación de muebles y en la ebanistería.

Factores que repercuten en el encolado

Ya se han mencionado algunos de los conceptos relacionados con el encolado. El fenómeno del encolado en sí guarda relación con las fuerzas de atracción moleculares. El radio de la esfera de acción de una sola molécula es muy pequeño (3×10^{-8} cm); los cuerpos sólidos no se pueden poner en contacto a estas distancias. Por consiguiente, se introduce entre los dos cuerpos una capa líquida (cola) que cumple el requisito de distancia mínima por ambos lados.

Figura I

Comparación entre la distribución de tensiones en una junta remachada y una encolada



Se dispone en el comercio de telas estirables para tapizado, y se prevé que va a aumentar su aceptación en el mercado. En los Estados Unidos, esas telas representan en la actualidad del 10 al 15%, por lo menos, de la producción total de géneros para tapizado.

Una de las innovaciones en la fabricación de textiles es el crecimiento del sector de los géneros de punto. Resulta de 10 a 20 veces más rápido producir una tela de punto que una tela tejida. El incremento de la producción de telas de punto aportará a la industria de tapicería nuevos productos a precios inferiores. Con ayuda de procedimientos de revestimiento y estampado, es posible dar a los textiles de punto calidades que los hagan adecuados para el tapizado. También se vislumbra un uso más general de técnicas de needling y tufting en las telas para tapizado.

La fabricación de textiles no tejidos ha experimentado un gran incremento. La velocidad de producción que permiten esas técnicas es alta; es más, puede compararse con la del cuero sintético. Los géneros no tejidos tienen el aspecto y la suavidad de textiles tradicionales y se pueden estampar. Utilizando como materia prima el nilón conjugado, es posible producir una tela no tejida, con buenas propiedades de uso, sin utilizar sustancias aglutinantes. El hilado de nilón biconjugado tiene un núcleo central de nilón 6 y la fibra superficial es de nilón 66. Sometida a tratamiento térmico, la capa superficial de nilón 66 se funde y une las fibras. Los productos no tejidos se prestan a la producción en masa en la industria del tapizado; son fáciles de cortar y no se deshilachan.

Entre las características mecánicas más importantes de este producto se encuentran su tacto, manejabilidad y adaptabilidad, relacionadas con su flexibilidad. Aunque es difícil cuantificar estas propiedades, se comprende fácilmente que el material ha de ser manejable y tener un aspecto atractivo y la suavidad necesaria. Generalmente, es mejor utilizar un cuero sintético duro para las sillas o butacas duras y uno más blando para las blandas.

Puesto que el cuero sintético de CPV es impermeable al aire, a mucha gente no le resulta cómodo permanecer sentada durante mucho tiempo en una butaca recubierta de este cuero. Se ha intentado eliminar este inconveniente, por ejemplo, perforando el plástico o mezclando ciertas sustancias químicas con la pasta, sustancias que se disuelven en un proceso posterior, dejando pequeños poros y canales en el plástico. Estos son los cueros artificiales llamados "porométricos". Lamentablemente, hasta el momento tales intentos no han tenido mucho éxito.

Se fabrica un material mejor con CPV expandido, lo que significa que el CPV tiene una estructura alveolar con una capa superficial fina. Cuando se perfora esta capa exterior se consigue un material mejor y más atractivo. Una butaca tapizada con este tipo de cuero sintético resulta muy cómoda. Además, el tejido de base suele ser un género de punto, lo que hace que el producto sea más manejable y adaptable.

Algunos cueros sintéticos de PU son porosos y otros no. La porosidad se puede comprobar fácilmente con humo de cigarrillo, del modo siguiente. Se inhala algo de humo, se coloca la muestra de ensayo bien estirada junto a los labios y se exhala. Si el humo atraviesa la muestra de ensayo queda demostrado que ésta es porosa o está perforada.

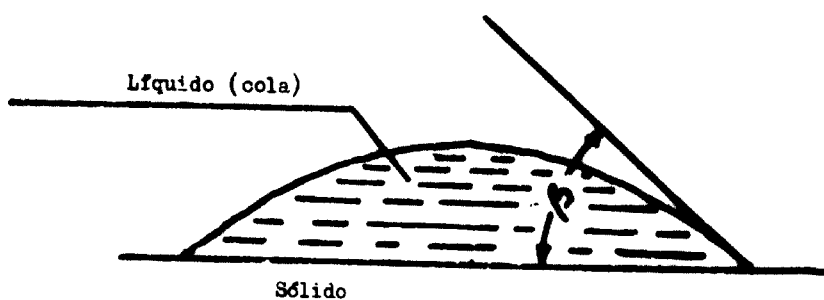
La resistencia a la tracción de los cueros sintéticos es muy importante. No se pueden citar aquí valores estándar, puesto que los diferentes tipos de sillones y divanes requieren diferentes grados de resistencia. Además, la forma de montarse el material también influye sobre el resultado. El alargamiento también se ha de tener en cuenta; tiene una importancia especial en los casos en que se recubren muebles blandos y semiblandos con cueros sintéticos. Es de señalar que cuanto más pronunciado sea el alargamiento, más pequeños deberán ser los patrones cuando se corten. Lo ideal sería que el grado de estirado fuera igual en dirección de la urdimbre y en dirección de la trama, pero esto ocurre pocas veces. Si el alargamiento es correcto, el material se puede ajustar fácilmente sobre las esquinas redondeadas. Sin embargo, el alargamiento no debe ser demasiado pequeño ni demasiado grande, para que no se formen arrugas.

En nuestra fábrica los alargamientos especificados son los siguientes: en la dirección de la trama, de 35 a 70%; en la dirección de la urdimbre, de 50 a 100%. Como se muestra en el cuadro, la calidad del material de tapicería NV es la mejor.

Evidentemente, el plástico deberá tener buena resistencia a la abrasión. En nuestra fábrica ésta se ensaya con el medidor del desgaste por abrasión Taber; la norma para los materiales de tapicería es, por lo menos, 3.000 revoluciones.

Figura II

Extensión de la cola: el objetivo es reducir al mínimo el ángulo de contacto



β = ángulo de contacto, puede variar entre 0 y 180°
(valores límites teóricos)

$\beta = 0^\circ$ extensión completa

$\beta = 180^\circ$ extensión nula

Objetivo de la extensión de la cola: reducir al mínimo β

Colas naturales

Aunque este antiguo tipo de colas haya perdido importancia en el curso de los últimos 20 ó 30 años, ciertas colas naturales siguen siendo importantes, tanto solas como en combinación con colas plásticas. No hay razón alguna para suponer que vayan a dejar de emplearse por completo las colas naturales.

Colas vegetales. Este grupo comprende colas constituidas por hidratos de carbono macromoleculares, colas formadas con proteínas vegetales y colas hidrosolubles que contienen lignina. Se utilizan para aplicaciones sencillas en las que se han de satisfacer exigencias modestas. Como materia prima para las colas de almidón se pueden utilizar patatas, trigo, arroz, maíz, etc. También es digno de mención el almidón de tapioca, que se obtiene a partir de las raíces de mandioca.

Colas de dextrina. Este grupo está muy relacionado con el anterior. Las dextrinas se obtienen por hidrólisis del almidón. Se aplican al encolado del papel cuando conviene evitar el elevado contenido de humedad típico de las colas de almidón (cigarrillos, bloques de cartillas, cartón, etc.). En muchos casos, la cola de acetato de polivinilo ha sustituido a la cola de dextrina.

Colas celulósicas. Hay dos tipos principales. Eteres de celulosa (metilcelulosa) y glicolatos de celulosa (carboximetilcelulosa - CMC). Ambas se fabrican a partir de la celulosa sódica. Su principal campo de aplicación es el engrudo para empapelar. También se pueden utilizar con madera, cuero, metales y casi todos los demás materiales.

Colas de hidratos de carbono. La goma arábiga, que es la más importante de este grupo, se utiliza para sellos de correos y scores.

Colas proteínicas (glutina). Las colas de este grupo (las colas verdaderas) suelen fabricarse a partir de residuos animales (residuos de pieles, cueros, huesos, pescado). La proteína (colágeno) contenida en dichos residuos se transforma por hidrólisis en cola mediante extracción acuosa. Se disuelve bien en agua caliente y se convierte fácilmente en un gel. La cola de colágeno es adecuada para interiores; su principal aplicación es la fabricación de muebles. La unión encolada con ella es incolora, elástica, químicamente inactiva y excelente a todos los respectos en condiciones de interior. La cola se seca muy pronto, es de fácil aplicación y sólo requiere equipo sencillo. Por otra parte, hay que protegerla contra los microorganismos. Puede aumentarse su resistencia a la humedad utilizando formaldehído o ácido oxálico cuando la humedad relativa del ambiente es elevada.

Colas de caseína. También estos adhesivos se utilizan desde hace mucho tiempo. La caseína es una proteína precipitada del suero de la leche mediante enzimas o ácidos. Este último tipo -caseína ácida- es la materia prima para las colas. La caseína se disuelve en una solución alcalina. La base que suele usarse para ello es el hidróxido cálcico ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). La vida útil de esta cola es muy breve pero puede aumentarse mediante aditivos químicos, como fosfatos y fluoruros.

Las colas de caseína presentan varias ventajas:

El polvo de caseína se puede almacenar durante muchos años en paquetes herméticos

Es fácil de usar (se mezcla con agua fría)

La unión puede ser bastante espesa sin que eso tenga consecuencias graves (encolado de madera aserrada)

Es bastante resistente

Tolera la exposición al agua

Tiene una excelente termorresistencia

Es adecuada para encolar maderas resinosas o aceitosas.

Sus inconvenientes son:

Defectos de color si las maderas contienen ácido tánico, como el roble o la caoba

Los componentes minerales de la cola (calcio) desgastan las herramientas.

La cola de caseína todavía se utiliza especialmente cuando se trata de piezas grandes (vigas encoladas).

Colas de albúmina. La albúmina es un elemento de la sangre. La cola a base de albúmina se utilizaba mucho antiguamente en la industria de la madera terciada, pero ahora sólo se encuentra en combinaciones con determinados compuestos, como el fenol (colas FENALB).

Colas de soja. Algunas semillas de plantas oleaginosas dan un residuo de extracción que contiene proteínas y puede utilizarse para fabricar colas. La más conocida es la soja. La cola de soja se utiliza mucho en el Japón y en los Estados Unidos. Tiene propiedades comparables a las de las colas de caseína y albúmina.

Todas las colas proteínicas pueden combinarse entre sí, en proporciones variables, y pueden mezclarse también con ciertas colas plásticas (fenol, urea).

Colas plásticas

Este es el principal grupo de colas, debido a sus buenas propiedades:

Buena resistencia al agua, incluso en ebullición

Buena resistencia a los productos químicos y a los microorganismos

Rapidez de fraguado.

Las colas plásticas han abierto muchas posibilidades nuevas de aplicación y continúa su desarrollo tecnológico.

Las colas plásticas utilizadas para encolar madera pueden dividirse en resinas termoestables, que son irreversibles y sólo se pueden utilizar una vez; y resinas termoplásticas que son reversibles y pueden utilizarse muchas veces. Esta es una división física. Desde el punto de vista químico, la división es la siguiente: policondensados, polímeros y poliaditivos. Sólo se estudian aquí las colas plásticas más importantes utilizadas en el trabajo de la madera.

Policondensados. Cuando los monómeros para plásticos se combinan y forman polímeros, se separa una pequeña molécula del punto de unión de las moléculas adyacentes; normalmente se trata de agua (policondensación). En la fabricación de colas, la reacción se interrumpe a la mitad. Al encolar, la reacción prosigue hasta el final y se forma un grupo de macromoléculas irreversible y endurecido, que es la unión encolada. El grupo policondensado comprende cuatro importantes plásticos para cola básicos, que tienen en común una reacción con el formaldehído. Se trata de dos resinas fenólicas (fenol-formaldehído y resorcina) y dos resinas amínicas (urea y melamina).

El fenol se destila a partir del alquitrán o se sintetiza a partir del benceno. Se disuelve bien en agua caliente (65°C, 150°F) y reacciona con el formaldehído. La reacción tiene tres etapas y se interrumpe en determinado momento. O se elimina el disolvente por

evaporación, o se hace absorber la solución por un papel que, a su vez, se deja secar. En el primer caso, se obtiene un polvo y en el segundo una película seca.

Las colas fenólicas se pueden usar en frío, pero su grado elevado de acidez (pH vecino a 1,0) limita esta aplicación. Su aplicación principal es el encolado en caliente. El polvo se disuelve en agua, en proporciones tales que el contenido de materias sólidas sea del 40 al 50%. La cola se solidifica mediante un endurecedor, con aplicación de presión y calor. Son buenos endurecedores la resorcina, el paraformaldehído y la hexametilentetramina. Las condiciones de aplicación son aproximadamente las siguientes:

presión = 18 kp/cm² (256 lbf/pulgada²) para maderas de frondosas
temperatura = 120° a 160°C (250° a 320°F).

Las uniones obtenidas con colas fenólicas son muy oscuras. Son resistentes al agua, incluso hirviendo, y resisten el calor mejor que la madera.

El empleo de películas fenólicas es muy sencillo. El contenido de humedad de la madera ha de ser muy uniforme (entre 5% y 10%). La cola fenólica es adecuada para pegar madera y metal, pero no para pegar metal con metal, si no se toman precauciones adicionales.

La resorcina guarda estrecha relación con el fenol. También se obtiene a partir del benceno, que se ha impregnado con ácido sulfúrico. Como la resorcina se combina muy fácilmente con el formaldehído, hay que tomar ciertas precauciones. En muchos aspectos, la cola de resorcina es similar a la de fenol (materia sólida, endurecedores, etc.); con ella se obtienen uniones que fraguan a temperatura ambiente. Esta cola tiene un precio elevado, debido a sus costos de fabricación, pero se utiliza mucho en trabajos difíciles, como construcción de aviones, embarcaciones y vigas encoladas.

La urea (carbamida) es un compuesto amfínico. Se obtiene fácilmente a partir de anhídrido carbónico y amoniaco, de manera que su precio es relativamente bajo. La urea, como la resorcina, se combina con el formaldehído para constituir una resina termoestable. Las resinas de urea son sustancias blancas, cristalinas y solubles en agua. Una cola lista para su empleo contiene de 50% a 60% de materias sólidas y fragua mediante la aplicación de calor y/o endurecedores ácidos (ácidos libres o sus sales amónicas, como el cloruro amónico).

Las resinas de urea se pueden utilizar en frío o en caliente. En el primer caso, el endurecedor debe de ser de acción rápida. En seco, las uniones tienen buenos coeficientes de resistencia (comparables a los que se obtienen con colas fenólicas), pero en húmedo tienen resistencias considerablemente inferiores (menos del 50% después de una inmersión prolongada). La repetición del ciclo de mojado y secado es perjudicial porque la unión se agrieta rápidamente. El agrietamiento por envejecimiento es un inconveniente de las resinas de urea que, sin embargo, puede evitarse utilizando aditivos adecuados como caolín, polvos vegetales, serrín y algunos alcoholes. La unión también debe ser muy fina. Las resinas de urea se pueden transformar en espuma por medios mecánicos o químicos; de esta forma se pueden extender formando capas finas y uniformes. Las propiedades de la cola de urea pueden mejorar considerablemente mediante la adición de melamina, pero esto eleva su precio. Estas resinas se utilizan mucho en la fabricación de tableros compuestos, por ejemplo.

También la melamina es un compuesto amfínico. Se fabrica a partir de piedra caliza, carbón y nitrógeno, en un proceso de etapas múltiples; su costo, por lo tanto, es elevado. La melamina también es un polvo incoloro cristalino. Condensada con formaldehído da un plástico

termoestable; su aplicación requiere, por lo tanto, el método de encolado en caliente. El contenido de materias sólidas de la solución de cola es del 40% al 50%. Las condiciones de aplicación son:

presión = 8 a 20 kp/cm² (115 a 280 lbf/pulgada²)
temperatura = 110° a 120°C (230° a 250°F).

La presión que se aplique, dentro del amplio intervalo posible, depende de la densidad de la madera.

Las uniones de melamina son incoloras, fuertes, elásticas y resistentes al agua. Se trata de una cola especialmente adecuada para el encolado por alta frecuencia. Tiene la ventaja de que se pueden secar las superficies una vez extendida la cola, lo cual facilita mucho el proceso de trabajo.

Polímeros. En el proceso de polimerización no se elimina nada de entre las moléculas de monómero, como ocurre en el de policondensación. La cola más importante de este grupo es el acetato de polivinilo (APV) que pertenece a la categoría de los plásticos vinílicos. Se fabrica a partir de acetileno y ácido acético. La polimerización del APV es fácil y su precio es bajo. Al encolar madera, se utiliza el agua como disolvente. Cuando se trata de otros materiales, se emplean otros disolventes con temperaturas de ebullición bajas, como alcoholes, ésteres y cetonas. El fraguado de la cola de APV es un proceso puramente físico; el disolvente queda absorbido por la madera. La unión es incolora. La mayor ventaja de esta cola es su fácil utilización; no se necesitan endurecedores, es fácil de extender y limpiar, fragua rápidamente y sólo requiere presiones bajas. La unión es muy elástica y puede ser gruesa. La cola se presta para el montaje encolado de muebles. Su resistencia en seco es buena, pero una carga continua por un período largo ocasiona "deslizamiento". Su resistencia en húmedo es mala. Esta cola se utiliza principalmente en frío. También se puede efectuar con ella el encolado en caliente, pero en este caso hay que enfriar el conjunto, bajo presión, hasta una temperatura inferior a 50°C (120°F).

Las condiciones de aplicación son:

presión = 1 a 3 kp/cm² (14 a 43 lbf/pulgada²)
temperatura = 20°C (70°F).

Al calentarse, la cola de APV empieza a reblandecerse a partir de 60°C (140°F). Si la humedad relativa del aire es elevada, la unión resiste algo mejor el calor.

Otros polímeros que pueden utilizarse como colas son:

- a) Colas poliacrílicas: Son materiales solubles en agua, adecuados para colas de tipo pastoso; se utilizan de la misma forma que el APV.
- b) Colas de polietileno: Se pueden utilizar en la industria de la madera como elementos de colas fundibles. La composición de la cola fundible es la siguiente:
1/3 APV + polietileno
1/3 parafina + cera
1/3 resina

La temperatura de extensión es aproximadamente +180°C (extensión con rodillo). El prensado se lleva a cabo inmediatamente después de haber extendido la cola, mediante un rodillo frío. El tiempo de fraguado es de 2 a 3 segundos. Las colas fundibles se utilizan, entre otras cosas, en el moldeo de los cantos de planchales, por ejemplo en la industria del mueble.

- c) Poliisobutileno (caucho de butileno).
- d) Colas de poliestireno (caucho Buna S). Ambos productos dan una unión muy firme y resistente.

- e) Colas de cloruro de polivinilo (CPV): son resistentes al aceite y, por consiguiente, muy útiles en la industria del automóvil.

Los tres últimos grupos de colas mencionados son, por naturaleza, elastoméricos.

Resinas de poliadición. La poliadición es una variante de la polimerización. Cuando se combinan monómeros, se abren algunos enlaces y se añaden a la cadena nuevos grupos de átomos reactivos. De este grupo hay que mencionar dos colas excelentes, las de poliuretano y las resinas epoxídicas.

El poliuretano se obtiene a partir de un isocianato apropiado y un alcohol bivalente. La unión tiene una gran fuerza de cohesión y buena adherencia a diversas sustancias. Es muy elástica y resiste perfectamente la ebullición, los productos químicos, los aceites y los microorganismos. La unión no encoge y por lo tanto puede ser gruesa. La cola de poliuretano empieza a fraguar a temperatura ambiente. Se pueden utilizar como endurecedores la urea o el cloruro amónico. Aunque aumentando las temperaturas se activa el fraguado, el límite máximo de temperatura, en este caso, es 60°C (140°F) pues por encima de este valor se desprenden vapores tóxicos. El contenido de humedad de la madera no debe ser superior al 10%. Las condiciones de aplicación son:

presión = 3 a 8 kp/cm² (43 a 115 lbf/pulgada²)

temperaturas = 10° a 60°C (50° a 140°F).

La cola de poliuretano tiene muchas aplicaciones en trabajos que requieran uniones muy resistentes.

El proceso de fabricación de las resinas epoxídicas es complicado. Se necesita fenol, acetona, compuestos de cloro, ácido clorhídrico e hidróxido sódico; el precio, en consecuencia, es elevado.

La cola epoxídica tiene excelentes cualidades; tiene todas las ventajas de la de poliuretano y con ella se pueden pegar casi todas las sustancias, inclusive vidrio liso. En el encolado en frío, se utiliza como endurecedor la trietilentetramina. En este caso, el tiempo de fraguado es largo (12 horas). El fraguado en caliente se consigue con el anhídrido del ácido ftálico, por ejemplo. Si la temperatura se eleva por encima de los 220°C, el tiempo de fraguado queda reducido a menos de 10 minutos.

Elastómeros

Los principales componentes de los elastómeros son gomas sintéticas cuyo material básico es el polietileno. Los más importantes son el butadieno, el isopreno y el clorobutadieno (Neoprene o Perbuna C). Estas gomas sintéticas se pueden mezclar fácilmente entre sí, en diversas proporciones.

También se utilizan mucho los materiales siguientes: la combinación de butadieno con estireno se conoce como Buna S, y la de butadieno con cloruro de vinilo se llama Buna N.

Las colas de contacto tienen cuatro componentes: goma sintética, resina, relleno y reblandecedor. Las resinas normales son fenólicas (indeno, cumarona, terpenos), los rellenos son óxido de zinc y óxido de magnesio y los reblandecedores corrientes son aminas y aceites minerales.

Las colas de contacto pertenecen principalmente a dos tipos: las permanentes, como las que se utilizan en cintas (plasticidad permanente) y las fraguables, que se endurecen firmemente.

Las colas de contacto de Neoprene son sustancias a base de caucho que utilizan una mezcla de cetonas como disolvente. Otra posibilidad consiste en emplear una emulsión de caucho en agua. Sin embargo, son preferibles las primeras. La aplicación de presión no es indispensable, pero una presión de 5 kp/cm^2 , por ejemplo, aumenta la resistencia de seis a ocho veces. La presión puede ejercerse con rodillos, pues no lleva mucho tiempo. La cola, una vez extendida, se deja secar antes de poner en contacto las superficies que deban unirse. Esto es especialmente necesario cuando se encolan materiales no porosos, como metales. Las colas de contacto de Neoprene resisten bien el agua.

Las colas que se acaban de mencionar son las más importantes de sus grupos. En conjunto, representan la mayoría de las colas que actualmente se utilizan. Las colas que no se mencionan en la presente memoria tienen poca importancia para el encolado de la madera. En los cuadros 1 y 2 se dan algunos datos sobre las diversas colas así como una comparación entre los distintos tipos de cola utilizados en la industria de Finlandia.

El proceso de encolado

Por lo general, el fabricante da instrucciones para el uso de sus productos, las cuales han de observarse cuidadosamente. Al encargar una cola, hay que exponer claramente todos los factores que pueden influir sobre el encolado (máquinas, herramientas, métodos de trabajo), así como las condiciones de servicio finales. En el lugar donde se efectúa el encolado, el almacenamiento tiene primordial importancia. Las colas en polvo son más fáciles de almacenar que las líquidas, pero hay que proteger a ambas del calor y de la oxidación (almacenamiento en envases herméticos).

Al preparar la cola para utilizarla, deben medirse o pesarse cuidadosamente todos los componentes a fin de que las proporciones sean correctas. Han de observarse el orden prescrito para la mezcla de los ingredientes y el tiempo escalonado de agitación. Hay que controlar continuamente la viscosidad y la acidez. Hay que conocer el tiempo necesario para el encolado y la cantidad de cola necesaria, a fin de poder determinar la cantidad total que debe prepararse.

El "tiempo de empleo útil" indicado por el fabricante de la cola presupone una temperatura ambiente de 20°C ; disminuye muy rápidamente al aumentar la temperatura. Los siguientes ejemplos de dos colas de urea ilustran este fenómeno:

<u>Temperatura</u> ($^{\circ}\text{C}$)	<u>Tiempo de empleo útil</u>	
	<u>Cola A</u> (minutos)	<u>Cola B</u> (minutos)
15	70	40
20	40	24
25	25	15
30	15	10

La cola A es para encolado en frío y la cola B para encolado en caliente.

La cola debe extenderse de una manera adecuada a sus propiedades, al tipo de unión y la escala de producción (trabajo manual, extensión con rodillo, pulverización, vertido, etc.). Hay que tratar de obtener una extensión uniforme y capas finas. La madera ha de tener un contenido de humedad óptimo y debe estar a la misma temperatura que el lugar de trabajo. Las superficies que vayan a encolarse han de estar limpias y bien lisas. Para conseguir la uniformidad en la aplicación de la cola, la capa de ésta no debe dejarse al descubierto demasiado tiempo.

Cuadro 1

Propiedades de colas
(valores medios - no se aplican a materiales especiales)

A. Colas proteínicas	Glutina ^a	Casina ^b	Albúmina	Seja
Propiedades generales				
Presentación comercial	Enjes, granulados, polvo, solución	Pulvo	Pulvo, solución	Pulvo
Duración en almácenes	Y seco: varios años Joulción: 1 año	6 meses 2 años	1 año (pulvo)	1 año
Color	De amarillento a marrón	Amarillo claro	Marrón oscuro	Amarillo claro
Precauciones sanitarias	Inocua	Inocua	Inocua (mal olor)	Inocua
Propiedades técnicas				
Contenido de humedad de la madera (porcentaje)	de 4 a 10	de 4 a 10	de 4 a 10	de 8 a 14
Cantidad de materia sólida de cola (porcentaje)	de 35 a 55	de 30 a 35	de 14 a 20	de 20 a 25
Tiempo de empleo útil (horas)	de 70 a 120	de 4 a 12	de 2 a 4	de 4 a 8
Peso de cola por unidad de superficie ² (gramos de solución/m ²)	de 150 a 300	de 250 a 300	de 200 a 350	de 250 a 300
Tiempo de montaje, superficies enclavadas al descubierto (horas)	de 5 a 10	de 10 a 15	25	15
Tiempo de prensado: en frío (horas)	de 1 a 3	de 1 a 2	5 + 1 mm ² /	de 3 a 12
en caliente (minutos)	de 10 a 15	de 5 a 12	de 8 a 14	de 8 a 16
Presión (kp/cm ²)	de 2 a 8	20	de 90 a 120	20
Temperatura (°C)	de 20 a 100	de 20 a 24	-	48
Tiempo de maduración (horas)	de 12 a 72			

Cadera I (cont.)

	Glucosa	Colesterol	Albúminas	Seja
<u>Resistencia de la urina</u>				
Resistencia al agua	4	3	3	3
Resistencia a la intemperie, en clima templado	4	2	2	3
en clima tropical	2	2	2	2
Temperatura de	3	2	3	3
Resistencia a los microorganismos	4	4	4	4
Resistencia a colonias orgánicas	4	4	4	4
Acidos (pH)	de 7 a 8	de 11 a 13	de 10 a 14	de 10 a 14
Defectos de color	Blancos	Considerables	Considerables	Considerables
Resguardo de coagulos	Poco	Insuficiente primum-ciado	Normal	Normal

B. Sales plásticas - polioctanohabos I

	Formal-formaldehído caliente	Formal-formaldehído frío	Polfole de formal
<u>Resistencia general</u>			
Presistencia osmótica	Pulvo, colusión	Salusión	Polfole
Resistencia en almidón (moco)	de 2 a 4	de 2 a 3	de 6 a 10
Color	Blanco	Blanco rojizo	Amarillento
Presistencia osmótica	Irritación de la piel y del aparato respiratorio	Irritación de la piel y del aparato respiratorio	Sin peligro
<u>Resistencia química</u>			
Capacidad de humedad de la muestra (porcentaje)	de 3 a 8	de 6 a 14	de 5 a 10
Cantidad de materia sólida de agua (porcentaje)	de 60 a 50	de 60 a 80	de 90 a 100
Tiempo de empleo útil (horas)	24	de 1 a 3	-
Peso de agua por unidad de superficie (gramos de agua/cm ²)	de 100 a 150	de 150 a 300 (dos capas)	de 40 a 60

	Formal-fornaldehído caliente ² /	Formal-fornaldehído frío ² /	Polícula de fenol ² /
B. Colas plásticas - poliuretanos I			
Tiempo de montaje, superficies enco- ladas al descubierta (horas)	de 40 a 50	de 60 a 600	-
Tiempo de prensado: en frío (horas)		de 1 a 10	
en caliente (minutos)	3 + 1,25/mm (125°C)		6 + 1/mm ² (140°C)
Presión (kg/cm ²)	de 12 a 20	de 2 a 10	de 10 a 20
Temperatura (°C)	de 120 a 180	de 10 a 60	de 135 a 150
Tiempo de maduración (horas)	12		
Propiedades de la unión²			
Resistencia al agua	1	1	1
Resistencia a la intemperie, en clima templado	1	1	1
en clima tropical	1	de 1 a 2	1
Fuerza-resistencia	1	1	1
Resistencia a microorganismos	1	1	1
Resistencia a soluciones orgánicas	1	1	1
Acidos (pH)	de 10 a 13	de 1 a 3	de 7 a 9
Defectos de color	Sólo cuando penetra	Bastante considerables	-
Daño de cubillas	Puente	Puente	Bastante fuerte

	Resorcina- formaldehído	Urea-formaldehído ² /	Melamina- formaldehído
C. Colas plásticas - poliuretanos II			
Propiedades generales			
Presentación comercial	Solución	Solución, polvo	Solución, polvo
Bursión en almohada (mocas)	3	3 (Solución) 12 (Polvo)	6 (Solución) 12 (Polvo)
Color	Marrón oscuro	Incoloro	Incoloro
Precauciones sanitarias	Irritación de la piel y del aparato respiratorio	Irritación de la piel en trabajos prolongados	Irritación de la piel en trabajos prolongados

Cuadro 1 (cont.)

C. Colas plásticas - policondensados II	Borocina-formaldehído	Urea-formaldehído ^{b/}	Melamina-formaldehído
Propiedades técnicas			
Contenido de humedad de la madera (porcentaje)	de 8 a 14	de 4 a 12	de 4 a 12
Cantidad de materia sólida de cola (porcentaje)	de 45 a 60	de 50 a 70	de 40 a 70
Tiempo de empleo útil (horas)	de 2 a 3	de 6 a 8	de 4 a 6
Peso de cola por unidad de superficie (gramos de solución/m ²)	de 200 a 300	de 100 a 200	de 100 a 150
Tiempo de montaje, superficies empujadas al descubierto (horas)	de 10 a 40	de 10 a 15	24 8 (con endurecedor)
Tiempo de prensado: en frío (horas) en caliente (minutos)	10 5 (80°C)	$\frac{1}{2} + \frac{1}{mm}$	4 + $\frac{1}{mm^2}$ (:20°C)
Presión (kp/cm ²)	de 2 a 10	de 6 a 18	de 5 a 20
Temperatura (°C)	de 20 a 80	de 110 a 140	de 90 a 140
Tiempo de maduración (horas)	24	de 48 a 72	
Propiedades de la unión			
Resistencia al agua	1	de 2 a 3	1
Resistencia a la intemperie, en clima templado	1	2	1
en clima tropical	1	2	1
Termorresistencia	1	2	2
Resistencia a los microorganismos	1	1	1
Resistencia a soluciones orgánicas	1	1	1
Acidos (pH)	de 11 a 12	de 6 a 8	de 3 a 6
Defectos de color	Sólo al penetrar	Ligeros	Ligeros
Desgaste de cuchillas	Bastante fuerte	Normal	Poco

Cuadro 1 (cont.)

D. Colas plásticas - poliféreas ^{1/}	Acetato de polivinilo (APV) ^{1/}	Adhesivos líquidos para aplicación en caliente (APV + polietileno)	Cola de contacto (permanente)	Cola de contacto (fraguable) ^{2/}
Propiedades generales				
Presentación comercial	Dispersión líquida	Firme, tipo pasta	Cinta	Pastosa
Duración en almacén (meses)	de 6 a 12	6	12	3
Color	Incolora	Incolora	Incolora	Incolora
Precauciones sanitarias	Inocua	Inocua	Inocua	Inocua
Propiedades técnicas				
Contenido de humedad de la madera (porcentaje)	de 5 a 12	de 8 a 10		de 5 a 12
Cantidad de materia sólida de cola (porcentaje)	de 40 a 60			de 20 a 40
Tiempo de empleo útil (horas)	de 1 1/2 a 24			1/4
Peso de cola por unidad de superficie (gramos de solución/m ²)	de 150 a 200			de 100 a 200
Tiempo de montaje, superficies encoladas al descubierto (horas)	de 5 a 15	-		de 5 a 30
Tiempo de prensado: en frío (horas) en caliente (minutos)	de 1/2 a 2 de 3 a 7 (50°C)	de 1 a 3 segundos		
Presión (kp/cm ²)			de 1/5 a 1/2	1/2
Temperatura (°C)	de 20 a 80	de 80 a 95 (rodillo frío)		
Tiempo de maduración	2 meses			de 6 meses a 2 años
Propiedades de la unión^{3/}				
Resistencia al agua	3	1	1	1
Resistencia a la intemperie, en condiciones normales	3	1	1	1
en clima tropical	2	-	1	1
Termorresistencia	3	4	4	4

Cuadro 1 (cont.)

	Acetato de polivinilo (APV) ^{1/}	Adhesivos líquidos para aplicación en caliente (APV + polietileno)	Cola de contacto (permanente)	Cola de contacto (fraguable) ^{2/}
Resistencia a los microorganismos	1	1	1	1
Resistencia a soluciones orgánicas	2	2		2
Acidez (pH)	de 5 a 7	de 5 a 7		
Defectos de color	Ninguno	Ninguno		Ninguno
Desgaste de cuchillas	Poco	Poco	Poco	Poco

E. Colas plásticas - poliuretano ^{1/}

Propiedades generales

Presentación comercial
 Duración en almacén (meses)
 Color
 Precauciones sanitarias

Propiedades técnicas

Contenido de humedad de la madera (porcentaje)
 Cantidad de materia sólida de cola (porcentaje)
 Tiempo de empleo útil (horas)
 Peso de cola por unidad de superficie (gramos de solución/m²)
 Tiempo de montaje, superficies encoladas al descubierto (minutos)
 Tiempo de prensado: en frío (horas) en caliente (minutos)
 Presión: (kp/cm²)
 Temperatura (°C)

Epoxydicas ^{1/}

Poliuretano ^{2/}

Mescla de líquidos, pastosa
 12
 Parduco
 Inocuas
 de 6 a 12
 de 150 a 250
 de 30 a 240
 de 12 a 18
 30 (200°C)
 de 2 a 12
 de 20 a 280

Mescla de líquidos, terrones
 de 9
 Marrón oscuro
 Peligrosas a más de 60°C
 10 (máximo)
 de 20 a 90
 24
 de 200 a 250
 de 30 a 60
 de 3 a 8
 de 10 a 60 (máxim)

Cuadro 1 (cont.)

- a/ Temperatura recomendada para la madera y la habitación, +25°C.
- b/ En casos especiales se puede utilizar como cola en caliente (de 70 a 100°C).
- c/ Tiempo primario +1 min/mm (distancia entre la superficie y la unión central de la madera terciada).
- d/ La clave para los valores numéricos de las distintas resistencias figura en la última página de este cuadro.
- e/ La luz del sol puede dañar el fenol.
- f/ El fenol frío puede hidrolizar la madera próxima a la unión. Además, necesita un disolvente orgánico (alcohol).
- g/ Hojas de película almacenados en posición vertical.
- h/ Las colas de urea son convenientes para sistemas de preensado, y pueden transformarse en espuma. Las juntas formadas con esas colas deben ser finas, pues son sensibles a la intemperie. (Es útil añadirles melamina.)
- i/ Todas las colas de este grupo requieren disolventes orgánicos.
- j/ Las juntas de APV han de enfriarse bajo presión; asimismo, se deforman bajo una carga persistente. La temperatura de la madera y del ambiente debe ser como mínimo de +18°C, cuando se hacen juntas de APV.
- k/ La resistencia de las colas de contacto que fraguan oscila, aproximadamente, entre 20 y 40 kp/cm². Este valor aumenta si se aplican presiones de 5 a 10 kp/cm².
- l/ Las colas esporidicas pierden aproximadamente el 10% de su resistencia si soportan cargas continuas durante más de un año.
- m/ El poliuretano es muy resistente a los aceites y grasas. Por otra parte, emite vapores tóxicos a temperaturas superiores a 60°C.

Cuadro 2

Colas utilizadas en Finlandia (1972)

Grupo de colas	Porcentaje del consumo total	Precio en relación con la urea (en peso)
Proteínas	3	1,5
Urea	60	1,0
Fenol	20	1,5
Resorcina	2	de 12 a 15
Melamina	2	de 5 a 8
Acetato de polivinilo	10	de 6 a 10
Colas de contacto	2	de 15 a 20
Otras colas plásticas	1	

Para cada trabajo de encolado, debe prepararse un programa con los intervalos que deben mediar entre cambios de presión y temperatura durante el fraguado, enfriamiento y curado del adhesivo, e incluir los tiempos de espera hasta poder manipular y maquinar el producto. Si se utiliza una prensa de capas múltiples, todas sus aberturas deben cerrarse al mismo tiempo.

Es importante que la temperatura y la presión sean uniformes en toda la zona de trabajo. En el encolado continuo, el proceso debe controlarse sin interrupción. Básicamente, hay que llevar a cabo las siguientes tareas, con los instrumentos que se enumeran a continuación:

- a) Medir el contenido de humedad de la madera antes y después del encolado. Los instrumentos necesarios son balanzas y un armario secador. Los instrumentos eléctricos no son suficientemente fiables;
- b) Medir la viscosidad y la acidez de la cola. Los instrumentos necesarios son un viscosímetro y un medidor de pH;
- c) Medir la resistencia de la unión con probetas estándar. El instrumento necesario es una máquina para efectuar pruebas de resistencia al deslizamiento, a la tracción, a la compresión y al alabeo;
- d) Comprobar la estructura de la unión y la absorción de la cola por la madera. Los instrumentos necesarios son un micrómetro y un microscopio;
- e) Efectuar ensayos en puntos elegidos al azar para comprobar la adhesión mediante la prueba de la cuchilla. El instrumento utilizado es un cincel.

Este equipo es suficiente para las tareas esenciales que hay que efectuar al controlar las juntas encoladas.

Efectos de los agentes de conservación de la madera sobre el encolado

La utilización de agentes conservadores de la madera puede tener efectos considerables sobre el proceso de encolado. Si se utilizan como agentes de conservación sustancias aceitosas, como la creosota, el encolado puede resultar muy difícil. Pueden mejorarse las propiedades humectantes de la cola añadiendo de un 2 a un 4% en peso de formaldehído a la solución. Una baja viscosidad de la cola también facilita su extensión.

Los agentes conservadores de la madera también tienden a reducir la velocidad del proceso de fraguado. Por consiguiente, con madera tratada, se recomienda emplear una temperatura de encolado superior en unos 10°C a la que se utiliza para la madera no tratada. Los agentes de conservación que contienen boro son los que menos influyen sobre el encolado.

Anexo

LAS COLAS DE RESINAS SINTETICAS EN LA INDUSTRIA DE LA EBANISTERIA¹

Las colas más importantes para la industria de la ebanistería son la termoplástica de acetato de polivinilo y las termoestables de urea, melamina, fenol, resorcina y resinas epoxídicas. En el curso de los últimos años, las colas piezosensibles y las colas líquidas para aplicaciones en caliente han adquirido cierta importancia.

El acetato de polivinilo (APV) se utiliza en dispersión acuosa al 50% o 60%, con un contenido del 30 al 40% de blanco de España y otros reblandecedores. La ligazón es puramente física y se basa en la absorción por la madera del agua contenida por la unión de cola y en la firme adherencia de las esferitas de cola entre sí. El contenido de humedad de la madera no debe ser superior al 12%. La cola posee algunas propiedades de relleno de irregularidades superficiales. El peso de cola por unidad de superficie es de 160 a 200 g/m². Para recubrir con chapa, la superficie encolada puede quedar al descubierto durante 30 minutos, pero en la labor de montaje, sólo unos pocos minutos. Las presiones necesarias varían entre 0 y 15 kp/m². También varía mucho el tiempo de prensado. En el enchapado, la temperatura de prensado no debería ser superior a 60°C ni inferior a unos 15°C. La resistencia de la unión en seco es notable, pero disminuye con la humedad. La unión es elástica y, por consiguiente, esta cola es muy conveniente para el ensamblado de muebles. Como los pigmentos para madera no pueden dar color a la unión de cola, hay que colorear la cola antes de usarla.

Las colas de urea se encuentran en el mercado en forma líquida, de polvo o de películas delgadas. La cola se puede alargar con almidón, harina de trigo o agua. El contenido mínimo de urea es del 20 al 30%. A menudo se utiliza, como relleno, el caolín y el serrín. En el fraguado en frío, la cantidad de relleno puede llegar al 50%. Se puede alargar el tiempo de empleo útil mediante congelación o adición de un poco de alcohol. El endurecedor puede aplicarse solamente a una de las dos superficies que se van a pegar. El proceso de solidificación y fraguado no puede acelerarse añadiendo más endurecedor sino modificando la composición de la cola.

El contenido de humedad máximo permisible es el 15%. Se obtienen los mejores resultados con un contenido de humedad que oscile entre el 8% y el 14%. El peso de cola por unidad de superficie es de 100 a 200 g/m². El tiempo de encolado máximo es de 30 minutos, para el fraguado en frío, pero puede llegar a ser de más de 24 horas para el fraguado en caliente. La presión necesaria varía entre 2 y 16 kp/m² para las colas líquidas, y oscila alrededor de 20 kp/m² para las colas en película. El tiempo de fraguado de los tipos de cola que fraguan en frío oscila entre 30 minutos y 4 horas; para el fraguado en caliente (gama de temperaturas: 105°C a 115°C) es de unos 3 minutos, que se reduce a un mínimo de 15 segundos aplicando radiaciones de alta frecuencia. Si la cola se ve a través de las chapas, puede ser por las razones siguientes: una chapa demasiado fina o húmeda, una cola demasiado clara o un

¹ Preparado para el seminario por Harri Kilpeläinen, Instituto Estatal de Ensayos de Materiales, Helsinki (Finlandia).

endurecedor demasiado lento. Si aparecen puntos negros, ello puede obedecer a la presencia de hierro en los barriles de cola o en los tarros donde se prepara la mezcla. En algunos casos, el ácido del endurecedor penetra en la chapa y disuelve hierro de los platos de la prensa.

Las colas de melamina reaccionan más rápidamente que las de urea. A temperaturas superiores a 100°C no requieren endurecedor porque fraguan con el calor. Las colas de melamina son mejores que las de urea, pero son bastante caras. Su sector de aplicación más importante son los acabados y la producción de laminados de papel.

Las colas fenólicas se dividen en dos grupos: de fraguado en caliente y de fraguado a temperatura ambiente. Las primeras se venden en soluciones alcalinas con un contenido de agua del 40 al 50%. Antes de usarlas, se mezclan con rellenos (yeso, harinas de cereales) y endurecedores (quebracho, paraformaldehído). Las colas que fraguan a temperatura ambiente son soluciones en alcohol; el fraguado se consigue utilizando ácidos fuertes. Hay el peligro de que la madera se dañe si el pH es inferior a 3. Este tipo de cola se utiliza para ensamblado en la industria del mueble. Su tiempo de empleo útil es de 1 a 2 horas y la madera ha de tener un contenido de humedad máximo del 15%. El peso de cola por unidad de superficie es de 150 g/m^2 y el tiempo durante el cual la superficie encolada puede quedar al descubierto es de 30 a 40 minutos. La presión necesaria es de 10 kp/m^2 como máximo y el tiempo de prensado puede llegar a ser hasta de 10 horas. La unión resiste muy bien a la intemperie, los microorganismos, los productos químicos, los aceites y los disolventes orgánicos.

Cuando se utiliza la presentación en forma de hojas, el encolado se lleva a cabo a una temperatura de 135°C a 150°C y a una presión de 20 kp/m^2 . El contenido de humedad debe permanecer dentro del estrecho margen del 8% al 10%.

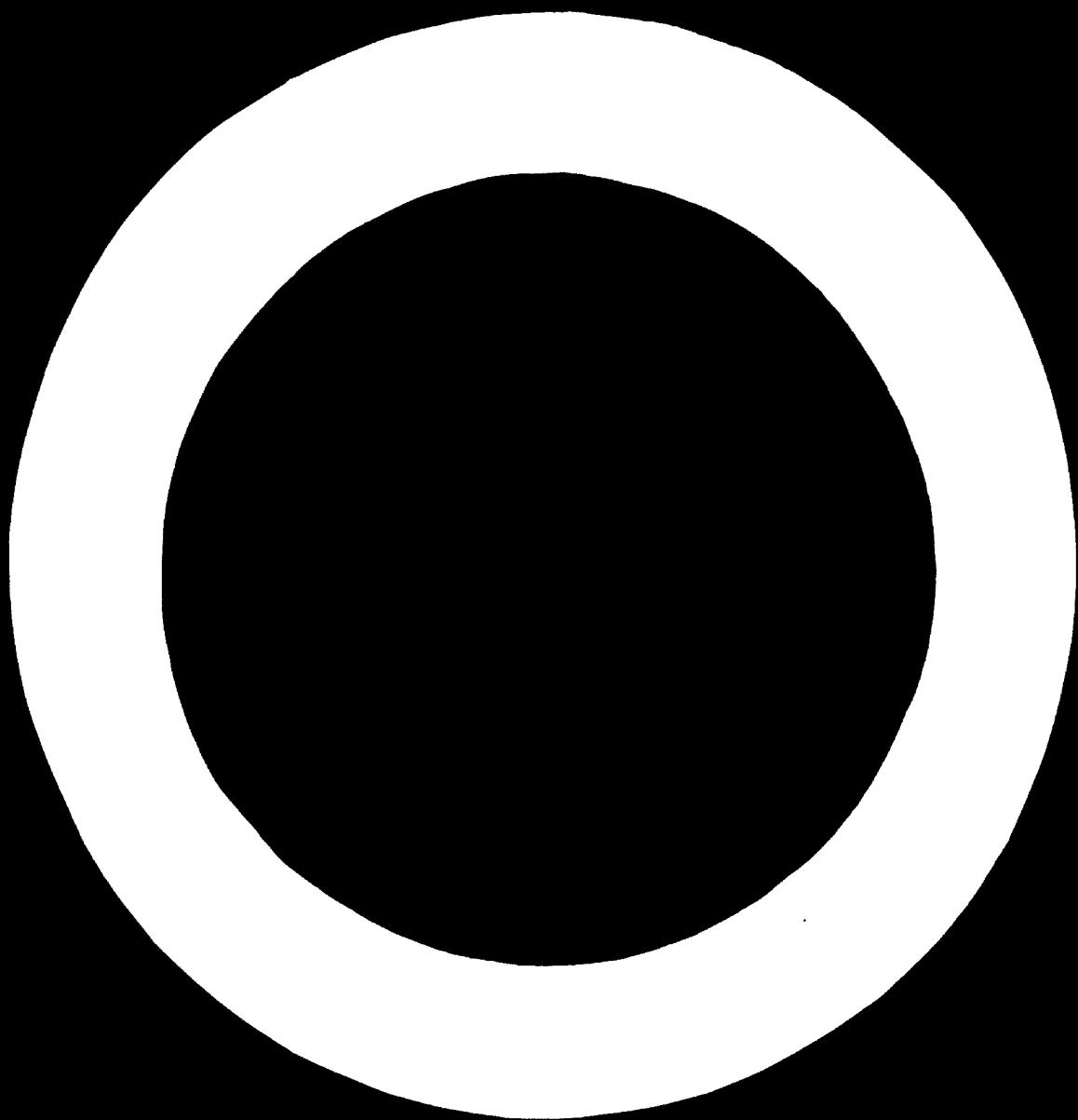
Las colas de resorcina se parecen a las fenólicas en muchos aspectos, pero fraguan bien a temperatura ambiente debido a su notable reactividad. Desde el punto de vista químico, el fraguado es bastante neutro. La cola se vende en solución acuosa al 50% o 60% y se utiliza previamente el paraformaldehído como endurecedor, mezclado con un relleno de serrín. El tiempo durante el cual la superficie encolada puede quedar al descubierto es de 2 a 6 horas y el tiempo de prensado también es de 2 a 6 horas. El contenido de humedad puede ser superior al 20%. La temperatura mínima de prensado es 15°C ; al elevarse ésta, el tiempo de prensado se reduce en consecuencia. Cuando se encolan maderas pesadas, la temperatura de prensado debe ser de 30°C a 40°C .

Pueden producirse fallas graves si el endurecedor no se conserva en un recipiente hermético. Si el paraformaldehído del endurecedor se ha evaporado, no se obtendrá un auténtico fraguado de la cola sino un simple secado de la unión. Posteriormente, si ésta se moja, la cola se disolverá. La cola de resorcina se utiliza principalmente para productos que precisen gran resistencia, por ejemplo en la construcción de botes y barcos y en la de estructuras que han de soportar cargas. Debido a su elevado precio, se utiliza a veces una mescla de colas de resorcina con colas fenólicas, con un contenido máximo de resinas fenólicas del 30%.

Las colas epoxídicas se utilizan especialmente cuando se une una madera con metales. En la actualidad, son las más fuertes y las que se adhieren más fácilmente. Pero su precio es muy elevado.

Las colas piezosensibles suelen ser soluciones de caucho de neopreno. Pueden extenderse con espátula, brocha, rodillo e incluso por pulverización. Las superficies se pueden unir poniéndolas en contacto cuando la cola está seca. Cuando se requiere mayor resistencia, se recomienda una presión de 5 kp/m^2 . Si se utilizan prensas en caliente, hay que mantener una temperatura mínima de 60°C . La temperatura ambiente máxima permisible es de 60°C a 70°C .

Las colas líquidas aplicadas en caliente se utilizan con éxito creciente en revestimientos y, últimamente, también en enchapados. Dichas colas, que son mezclas de poliamidas, resinas epoxíficas, polietileno, etc., se funden a 200°C y se extienden. La cola se enfría muy rápidamente y la unión alcanza su resistencia máxima al cabo de pocos minutos. El contenido de humedad de la madera debe ser de 7 a 9%. El peso de cola por unidad de superficie es aproximadamente de 250 g/m^2 . El tiempo durante el cual la superficie encolada puede quedar al descubierto sólo es de unos segundos; normalmente, la temperatura ambiente máxima permisible es 70°C , pero se pueden tolerar 120°C por períodos muy breves (como en el laqueado).



7. LOS TEXTILES COMO MATERIALES PARA TAPIZADO^a

Es tradicional la utilización de textiles como materiales para tapizado. Ofrecen muchas ventajas sobre otros materiales a este respecto, ya que sus posibilidades de diseño y color son casi ilimitadas. Los textiles no revestidos son permeables al aire y a la humedad y buenos conductores del calor. La superficie típica de un género textil es suave y atractiva. Los textiles son elásticos; es decir, tienden a recuperar su longitud original después de haber sido estirados. Esta propiedad es importante en telas destinadas a tapicería.

En cambio, muchos tipos de textiles para tapizado tienen menos resistencia a la abrasión que el cuero sintético u otros materiales, se manchan más y resultan más difíciles de limpiar que el cuero sintético. Con frecuencia, los géneros tejidos no resultan adecuados para la producción racional en serie de artículos tapizados, porque no son homogéneos en todas direcciones.

El precio es, por lo general, el factor determinante en la elección de esos materiales. La manufactura de géneros textiles incluye hilatura, tejeduría, teñido y acabado, y cada una de esas fases consta de varios procesos. El alto costo de manufactura explica que los textiles tengan niveles de precios relativamente más altos que otros materiales para tapizado, cuya manufactura requiere generalmente uno o dos procesos. Un método adecuado para la fabricación de textiles de tapicería es la tejeduría a mano, ya que tales telas son pesadas y de hilos gruesos. Actualmente está aumentando la proporción de géneros de punto y no tejidos en la industria textil. En el futuro, bajarán los niveles de los precios de los géneros para tapizado fabricados por esos métodos.

Las fibras utilizadas en la fabricación de textiles para tapizado han variado en los últimos 20 a 30 años. Antes, la materia prima principal era la lana, que ahora sólo se utiliza para materiales caros. En la actualidad, la lana se utiliza principalmente mezclada con otras fibras, en particular con fibras celulósicas regeneradas (rayones), siendo la mezcla normal un 50% de lana y un 50% de fibra celulósica. La adición de un 10 a un 15% de fibra sintética, por lo general poliamida, fortalece las mezclas de lana y rayón. Tales mezclas resultan fáciles de teñir, ya sea en piezas o en hilatura, y es posible conseguir la estabilidad y permanencia de color exigidas. Las mezclas de lana y rayón son actualmente los materiales más utilizados en los países escandinavos para la manufactura de textiles de tapicería. Tales mezclas conservan en parte las buenas propiedades de la lana, es decir la suavidad y la resistencia a la abrasión y a la suciedad. El componente celulósico reduce el costo de la materia prima, ya que su precio es aproximadamente un 30% del de la lana. La lana y las fibras celulósicas absorben humedad, lo cual confiere propiedades antiestáticas a los géneros fabricados con ellas. Ahora bien, las fibras celulósicas son menos resistentes a la suciedad que la lana o las fibras sintéticas; pero las mezclas de lana y rayón pueden

^a Comunicación presentada al seminario por Eero Pellas, Hyvilla Oy, Hyvinkää (Finlandia).
(Publicada originalmente con la signature ID/WU.105/29/Rev.1.)

someterse a tratamientos de apresto que mejoren sus propiedades. También se pueden dar tratamientos contra la suciedad, así como hidrófugos, ignífugos y antisépticos, aunque, por lo general, sólo se exigen en telas para tapizado destinadas a usos especiales, como oficinas, hospitales y buques.

Es frecuente utilizar algodón, y sus mezclas con fibras sintéticas, para géneros de tapicería. El precio de la materia prima y el peso del género determinan el precio del producto. El precio del algodón es aproximadamente un 30%, del de la lana, y el de las fibras sintéticas, de un 60 a un 70%. Por lo general, las telas de algodón se tiñen o estampan en pieza. Para mejorar sus propiedades de uso, es corriente dar apresto a las telas de algodón para tapizado mediante revestimientos con resina.

En todas las ramas de la industria textil se ha incrementado la utilización de fibras sintéticas. En 1969, el consumo de fibras sintéticas representaba el 21% de la producción mundial total de fibras, y para 1980 se le pronostica una cifra del 39%.

Las principales fibras sintéticas utilizadas en la fabricación de textiles para tapicería son poliamida, poliacrílico, poliéster y polipropileno. Las fibras de poliamida más conocidas son el nilón, el Antrón y el Perlón. Estas y las demás poliamidas tienen buena resistencia a la abrasión, su teñido es fácil y presentan buenas propiedades de estabilidad de color. El Antrón, que es un hilado de filamento de poliamida texturizada, se utiliza mucho como material para géneros de tapicería. Cuando se mezclan hilados de poliamida con diferentes afinidades de teñido, es posible conseguir efectos multicolores mediante el teñido en piezas.

Dralón, Orlón y Exlán son fibras poliacrílicas muy utilizadas en Europa. Esas fibras son suaves al tacto, pero su resistencia a la abrasión es menor que la de las poliamidas. Los poliacrílicos se utilizan en telas modernas para tapizado con calidades de terciopelo y con buena elasticidad. Con los poliacrílicos, es posible conseguir tonalidades brillantes con buena estabilidad de color. Actualmente se dispone de fibras poliacrílicas teñibles aniónicas y catiónicas, de forma que es posible obtener efectos bicolors de matices muy diferentes con un solo baño de tinte.

En la actualidad no se utilizan en gran medida las fibras poliéstericas para géneros de tapizado, aunque sus propiedades de uso son buenas. El teñido de estas fibras es difícil, y es necesario someterlas a un acabado de termoendurecimiento. No obstante, es probable que en el futuro los hilados poliéstericos texturizados sean uno de los materiales más utilizados en géneros de punto para tapizado.

Aumenta la utilización de fibras de polipropileno, llamadas también "olefinas", como material para la fabricación de géneros de tapizado. Su uso está muy extendido en la fabricación de alfombras. Las fibras de olefina tienen buena resistencia a la abrasión y elevada resistencia a la rotura por tracción, son suaves al tacto y más baratas que otras fibras sintéticas. La dificultad de su teñido ha obstaculizado su utilización. Durante muchos años, tan sólo se dispensa de olefinas de color como material teñido en bruto. Las fibras de olefina representan actualmente de un 2 a un 4% de los géneros para tapizado, pero hay estimaciones que indican que su utilización aumentará mucho en un futuro próximo.

Las propiedades que primordialmente se exigen a los textiles para tapizado son buena resistencia a la abrasión y al apoltonamiento, y buena estabilidad del color a la luz. La

resistencia a la rotura por tracción da buena idea de las propiedades de uso. El tejido debe estar lo suficientemente apretado como para evitar el deshilachado en las costuras. Debe ser buena la resistencia del color a la fricción, la transpiración, el agua y la limpieza mecánica. Asimismo, la tela debe tener cierta elasticidad y estirabilidad para las operaciones de tapizado.

En una moderna fábrica textil se someten a pruebas todos los géneros antes de entrar en producción, a fin de asegurarse de que satisfacen los requisitos que han de cumplir para el tapizado.

Los métodos normalizados para poner a prueba las propiedades de uso y de estabilidad del color de textiles son publicados por la American Society for Testing and Materials, 1916 Race St., Filadelfia 3, Pensilvania, Estados Unidos de América (ASTM Standards on Textile Materials).

Existen muchos tipos de medidores del desgaste por abrasión para determinar la resistencia. Su principio es siempre el mismo: se frota una muestra, de la que cuelga un peso, contra un papel de lija. Se toma nota del número de ciclos de fricción necesarios para que la muestra quede agujerada. Las pruebas realizadas con un medidor Stoll de desgaste por abrasión indican que el margen mínimo aplicable a los textiles para tapizado es de 1.200 a 1.500 ciclos. En esas pruebas, el peso de la carga utilizada es de 1 kg y el papel de lija es de finura cero. La resistencia a la abrasión de géneros fabricados con fibras sintéticas es aproximadamente de 4.000 a 5.000 ciclos, y la de géneros revestidos, de 12.000 a 14.000 ciclos.

La fotorresistencia de los colores se ensaya mediante el método normalizado, en medidores Zenotester o Fadeometer. Se expone la muestra a la luz durante 200 horas, y el resultado se compara con una escala que consta de ocho muestras estándar diferentes. Se anota el número de la escala que presenta una alteración del color semejante a la de la muestra ensayada. Las telas para tapizado deben tener una estabilidad de color correspondiente al punto 6 de dicha escala.

El valor exigido a la estabilidad del color cuando el género está mojado es 4 en la escala utilizada, lo cual quiere decir que se permite una ligera coloración de la tela de prueba blanca. El valor mínimo de la resistencia a la rotura por tracción de una muestra que mida 200 mm de longitud por 50 mm de anchura es 45 kg.

La resistencia a apelotonarse es un buen índice de las propiedades de uso de los géneros para tapizado. El ensayo se realiza en un recipiente rotatorio en el que giran y se frotan mutuamente durante 10 horas cuatro muestras del material sometido a prueba, enrollado en tubos de caucho. Se toma nota del número de bolitas de fibra, llamadas "pops", que aparecen en la superficie de las muestras. El apelotonamiento se produce en géneros en los que se han mezclando fibras con resistencia alta y baja a la rotura por tracción, como ocurre con las mezclas de rayón o lana con fibras sintéticas.

El control de calidad de nuevos productos y de la producción es muy importante en la fabricación de textiles, en particular cuando el producto está constituido por varias materias primas y tiene muchos matices de color y tipos de texturas.

Se está experimentando con la utilización de fibras de vidrio para tapizado, fibras que ya se utilizan mucho en telas para cortinas. Como tienen buena resistencia a la abrasión y no arden, se prestan muy bien a ser utilizadas en tapicería.

De esta forma, la fuerza adhesiva mantiene las piezas juntas mediante la cola. El éxito del encolado depende considerablemente de cómo se extienda la cola líquida sobre la superficie que hay que encolar. La figura II presenta algunos conceptos relacionados con los factores que repercuten en el encolado.

Encolado de la madera

Todo material que debe encolarse introduce en el proceso de encolado sus características propias. Los factores que caracterizan al encolado de la madera pueden agruparse como sigue: los que son atribuibles a la madera, los que son atribuibles a la cola y los que son atribuibles al proceso de encolado.

Factores correspondientes a la madera

Los diversos tipos de madera difieren considerablemente entre sí, e incluso dentro de una misma especie existen diferencias de estructura, densidad, porosidad, contenido de aceite y de resina, acidez, propiedades higroscópicas, etc., así como diferencias entre madera de primavera y madera de verano y entre duramen y albura. Además, también varía el estado de la madera (por ejemplo, su contenido de humedad).

La madera ligera y porosa absorbe demasiada cola clara; por lo tanto, requiere colas más espesas. Las resinas y los aceites dificultan la adhesión, como ocurre con la madera de teca, por ejemplo. La adhesión es menor en la madera de verano que en la de primavera. También plantean dificultades la estructura celular compacta y el mayor contenido de resina del duramen.

La dirección de las fibras de las piezas que han de encolarse es importante por las diferencias en los coeficientes de contracción. Además, como las juntas planas tienen superficies de encolado reducidas, las fibras de ambas piezas han de tener la misma dirección.

Hay que evitar encolar madera pesada con madera ligera. El contenido de humedad de la madera es importante: para dar buenos resultados las distintas clases de cola requieren un contenido de humedad óptimo. El contenido de humedad adecuado suele situarse entre el 10% y el 15% pero es inferior (de 9% a 10%) cuando se trata de colas de película seca y también es más reducido el intervalo de valores. La superficie de la madera ha de ser lisa y uniforme. En ciertos casos, hay que tratarla previamente para eliminar los aceites y las resinas. Asimismo, los agentes de conservación de la madera pueden tener efectos perjudiciales sobre muchas colas.

Factores correspondientes a la cola

La cantidad de materia sólida que contiene la cola repercute considerablemente en el resultado del encolado. El disolvente suele ser el agua, que al secarse la cola desaparece de la unión, la cual, por lo tanto, se contrae. La magnitud de esta contracción, por una parte, es inversamente proporcional a la cantidad de materia sólida contenida en la cola y, por otra, depende también del espesor de la unión. La contracción engendra tensiones dentro de la unión. Por estas razones, aumentando la cantidad de materia sólida en la cola se consiguen mejores resultados.

8. ESPUMAS DE PLASTICO UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DEL MUEBLE^x

Desde que se descubrió la facilidad de moldear de los polímeros en su fase plástica, el correspondiente sector tecnológico ha evolucionado rápidamente y se ha creado una gran variedad de nuevos productos plásticos. Hacia el final de los años 30 empezó a utilizarse el proceso de expansión de polímeros mediante gases. En la actualidad, esta técnica permite transformar en espuma a casi todos los polímeros, pero sólo han llegado a adquirir importancia comercial unos cuantos polímeros alveolares.

Resulta posible transformar en espuma a los polímeros inyectándoles aire y dejando endurecer la espuma, pero por lo general estos plásticos se transforman en productos alveolares utilizando gases inertes. También se emplea anhídrido carbónico o peróxido de nitrógeno, los cuales se forman por reacción química o por descomposición de los compuestos químicos pertinentes. Como fuentes gaseosas se emplean también solventes con bajos puntos de ebullición. El polímero alveolar se puede dejar endurecer de manera que tenga celdas o alvéolos cerrados (intactos) o abiertos (rotos). Por regla general, las espumas con alvéolos cerrados son rígidas, y las que los tienen abiertos son flexibles. Sin embargo, existen algunas excepciones de escasa importancia a esta regla general.

Espumas flexibles

Las espumas flexibles (de alvéolo abierto) ya tienen un mercado perfectamente establecido; su consumo anual en los países industrializados es actualmente de 1,0 a 1,2 kg por habitante, y aumenta anualmente a razón del 8 al 14%. La industria del mueble absorbe del 40 al 50% del consumo total de espumas flexibles para tapicería, sin incluir las espumas destinadas a colchones y almohadas.

Las espumas flexibles de mayor importancia comercial son: el poliuretano (PU), el cloruro de polivinilo (CPV) y las espumas de látex. En Finlandia, el poliuretano representa el 90% de todas las espumas flexibles; sus componentes principales son dos: un poliol y un isocianato, los cuales se combinan en una resina termoestable y se transforman en espuma al mismo tiempo. Según sea el poliol que se elija, el plástico espumado se denomina: poliéster, poliéster o poliuretano alveolar de "gran elasticidad".

Las espumas de poliuretano, por ser resinas termoestables, se pueden utilizar en una amplia gama de temperaturas. El poliéster alveolar y las espumas de gran elasticidad resultan poco afectadas por los ataques químicos o de oxidación, pero se hinchan bajo la acción de muchos solventes, aunque éstos no alteran sus propiedades. El poliéster no es atacado por los agentes de limpieza en seco, pero puede hidrolisarse en atmósfera húmeda y caliente. Todas las espumas de poliuretano se pueden pegar fácilmente.

La espuma de cloruro de polivinilo es termoplástica. En lo que atañe a todas sus características de acolchamiento es inferior a las espumas de poliuretano y de látex, pero es fácil

^x Artículo presentado al seminario por Kristian Lindroos, Espe Oy, Kouvola (Finlandia). (Publicado originalmente con signatura ID/WG.105/43.) □

de soldar empleando radiaciones de alta frecuencia y, por lo tanto, posee cierta utilidad, sobre todo en relación con la película de cloruro de polivinilo que no puede pegarse.

La espuma de látex es buena como material para tapicería si se protege debidamente contra la oxidación. Ahora bien, sus ventas en el mercado han disminuido rápidamente tanto por razones comerciales como porque carece de propiedades de autoextinción en caso de incendio.

Normas

Por lo general, las espumas se examinan teniendo en cuenta las normas nacionales, como las ASTM, DIN, B.S. y SIS.^{1/} Los métodos de ensayo son muy similares, pero sus resultados no son siempre comparables. A continuación se describen algunos ensayos representativos.

Densidad. El peso específico de una espuma debe ser proporcional a la carga que haya de soportar la espuma tapizada. En el poliuretano, el peso específico puede expresarse como densidad de todo el producto, incluida la capa superficial, o como densidad de la parte interna. En el caso de las planchas o bloques, la densidad de la parte interna de la espuma de poliuretano es inferior en unos 2 kg/m^3 a la densidad de la pieza entera. Suele aceptarse una tolerancia de $\pm 1,5 \text{ kg/m}^3$ en la densidad de la parte interna.

Características de resistencia a la carga. La dureza de una espuma es una magnitud que permite medir la resistencia que la espuma ofrece en función de la carga. El Comité Técnico 45 de la Organización Internacional de Normalización (ISO/CT 45) ha formulado las recomendaciones H 19 y H 56 para caracterizar la deformación bajo carga. El ensayo se lleva a cabo utilizando equipo especial para producir diversas deformaciones; suelen comunicarse (véase la figura) las cargas necesarias para provocar deformaciones del 25, 40 y 65%. La dureza es casi independiente de la densidad y ejerce muy poca influencia sobre la vida útil del producto.

Se obtiene una cifra útil para comparar diferentes tipos de espuma dividiendo la carga necesaria para producir una deformación del 65% por la carga que provoca una deformación del 25%. Esto da una medida de lo confortable que resulta la espuma, ya que los usuarios desean un producto alveolar que sea blando y posea además gran capacidad para soportar cargas; es decir que la dureza disminuya rápidamente a deformaciones inferiores al 30%, pero aumente progresivamente por encima de ese nivel.

Deformación remanente. En forma sencilla, la deformación remanente proporciona un dato importante sobre la verdadera calidad de una espuma, es decir, su grado de endurecimiento o fraguado. En la recomendación preliminar H 81 hecha por el ISO/CT 45, se describe el ensayo con detalle. Se comprime una muestra de la espuma ya sea hasta 50, el 70 ó el 90% durante 22 horas a la temperatura de 70°C y se mide su pérdida permanente de espesor. Con una compresión del 70%, una buena espuma no debe perder (con carácter permanente) más del 10% de su espesor pero en algunos casos es aceptable, una pérdida del 15%.

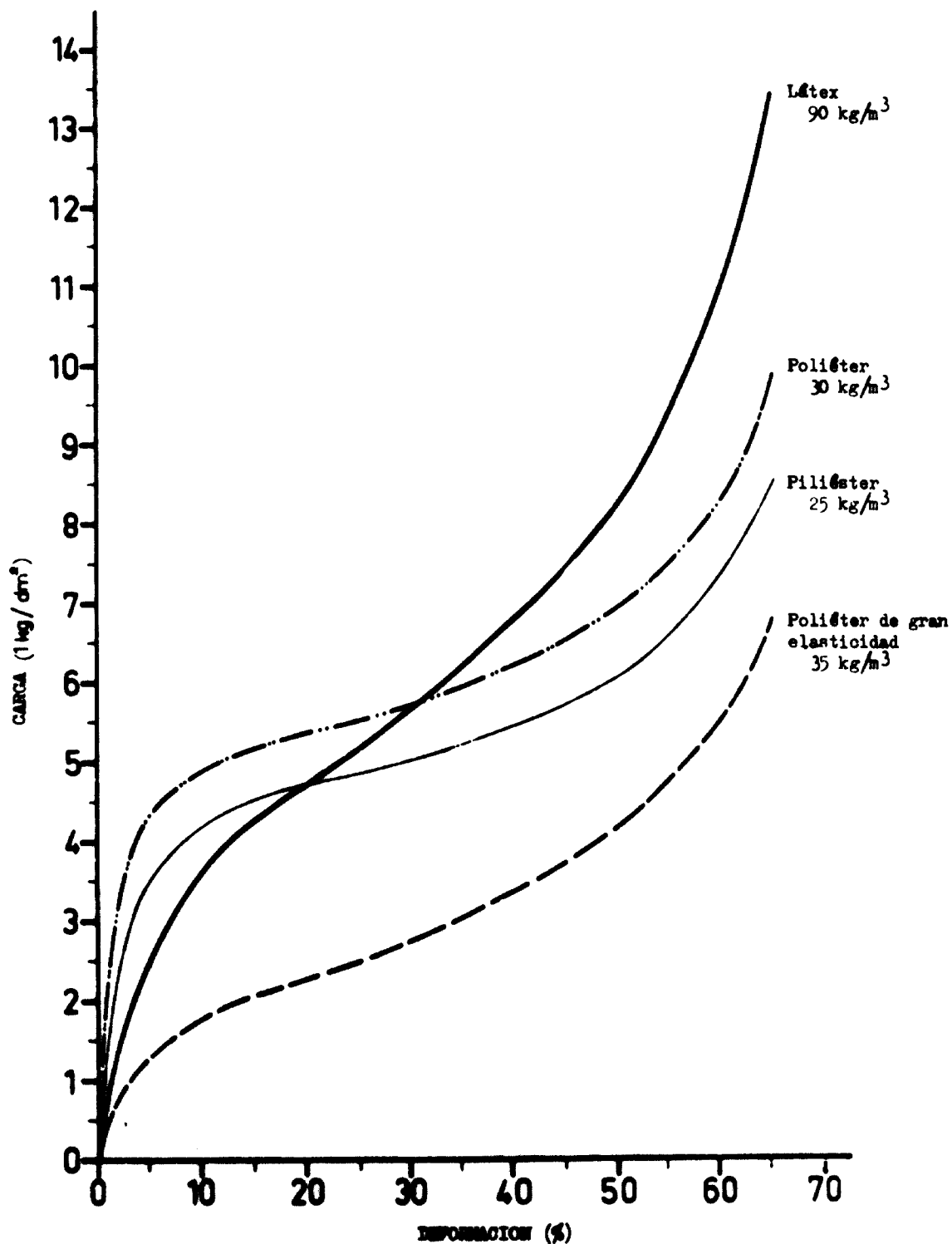
La resistencia a la tracción y el estiramiento de rotura se miden de conformidad con la norma ASTM D1564.

La resistencia al desgarramiento se puede medir con arreglo a la norma ASTM D1564.

El envejecimiento bajo la acción del vapor de agua, que indica la degradación de la espuma en un ambiente húmedo, se puede medir con arreglo a la norma ASTM D1564.

^{1/} ASTM = American Society for Testing and Materials; DIN = Deutsche Industrie Normen; B.S. = British Standards; SIS = Sveriges Standardiseringskommission.

Características de dureza de algunas espumas plásticas



El ensayo de flexión se suele efectuar hasta 250.000 ciclos (ASTM D1564). La pérdida de dureza causada por la flexión es un dato que corresponde a una de las principales deficiencias de la espuma de poliuretano.

El ensayo de respirabilidad (DIN 52213) permite medir la cantidad de celdas cerradas existentes en una espuma flexible. Para que resulte confortable, la espuma debe tener un alto grado de respirabilidad.

El ensayo de autoextinción (ASTM D1692) se necesita cuando se requiere cierta pirorresistencia.

La prueba del rebote de la bola (ASTM D1564) permite determinar la elasticidad de la espuma.

Espumas rígidas

Las espumas rígidas se utilizan para el aislamiento térmico, con fines estructurales y para envasado. Las espumas utilizadas como aislantes y en el envasado tienen densidades comprendidas entre 12 y 40 kg/m³; las espumas estructurales que se utilizan tienen densidades de 40 kg/m³ en adelante. Las espumas rígidas más corrientes son:

- La espuma rígida de poliuretano
- El poliestireno expandido
- Las espumas de poliuretano de tipo durómero
- Poliestireno estructural y plásticos similares
- Poliiolefinas estructurales.

Todas las espumas rígidas tienen celdas cerradas. De los tipos anteriormente mencionados, el poliuretano es la única resina termos estable; las demás son termoplásticas. El poliuretano rígido en forma de poliestireno expandido se usa también en la industria del mueble en densidades comprendidas entre 40 y 80 kg/m³. Debido a las bajas densidades de estos materiales, se necesitan paredes relativamente gruesas así como accesorios de inserción para pernos, tornillos y clavos. El poliuretano resulta fácil de pegar, pero el poliestireno requiere condiciones muy especiales.

Los durómeros se utilizan para decoración y con fines estructurales. Tienen una capa superficial impermeable y un alma alveolar. La densidad global de los durómeros está comprendida entre 200 y 600 kg/m³.

Constituye una novedad en el sector de los plásticos el empleo, con fines estructurales, de resinas termoplásticas conocidas desde hace tiempo y ligeramente expandidas mediante la inyección de gases. Las ventajas de las espumas estructurales de poliestireno y de poliiolefina residen en sus técnicas de producción, que hacen económica la fabricación en serie de artículos de grandes dimensiones, como sillas y piezas de mobiliario.

Equipo

Las espumas plásticas se fabrican mediante procedimientos continuos y también por molde en tandas. Las espumas obtenidas en forma continua se deben cortar a las dimensiones requeridas; las producidas en tandas suelen obtenerse en su forma final, utilizando un molde.

Las espumas de poliuretano se producen mezclando dos o más componentes en un mezclador. (A título de ensayo, los componentes se pueden mezclar a mano.) Para el moldeo se emplea equipo de mezclado con capacidad máxima inferior a 60 kg/min. El tiempo de llenado del molde no debe exceder de 5 a 10 segundos, según la composición que se emplee. La espuma más flexible se produce en bloques mediante un proceso continuo y posteriormente se corta con cuchillas de cinta o, menos frecuentemente, con cuchillos de oscilación.

El poliestireno expandido también se transforma en espuma en forma continua mediante equipo de extrusión, o puede moldearse utilizando máquinas especiales. Los poliestirenos y las poliolefinas estructurales de mayor densidad se moldean en máquinas especialmente diseñadas para el moldeo por inyección.

Bibliografía

A new generation of structural foam polymers. Journal of cellular plastics 6, por R.L. Grieco et al. Nº 4, 1970.

Buist, J.M. y H. Gudgeon. Advances in Polyurethane Technology. Londres, 1968.

Homann, D. Kunststoff-Schaumstoffe. Munich, 1966.

Polyurethane. Kunststoff Handbuch Band VII. Munich, 1966.

9. EL USO DE CUEROS SINTETICOS COMO MATERIALES DE TAPICERIA*

En la actualidad los cueros artificiales más importantes consisten en tejidos con un recubrimiento de cloruro de polivinilo (CPV) o de poliuretano (PU). En general, el tejido de base es un género de algodón tejido o de punto, cuyo tamaño de hilo, densidad, etc. dependen del uso final del producto. Los cueros artificiales fabricados con géneros recubiertos de CPV son los que más se utilizan actualmente, aunque los recubiertos de PU son muy competitivos y su uso tiende a aumentar. El tejido de base de los cueros artificiales PU siempre es algo perchado. Existe también el grupo de los plásticos en hoja, que ya no se usan mucho. Son de CPV (de por lo menos 0,5 mm de espesor) sin un revés de tejido. No tienen mucha resistencia al desgarramiento y cuando su espesor es superior al mínimo no se manejan ni adaptan con mucha facilidad. Estas hojas de plástico sólo se utilizan para tapizar sillas muy duras y baratas.

Tanto los cueros artificiales de CPV como los de PU se fabrican recubriendo el tejido de base con una pasta de plástico y calentando el conjunto. Este sistema se ilustra en la figura I. La mayoría de los llamados revestimientos compactos se aplican de esta forma. En los últimos años, sin embargo, ha ido ganando terreno el llamado "método en dos fases". En este sistema la capa superior (de plástico) del producto final se extiende sobre un papel especial tratado con siliconas y se seca en un horno. Sobre esta capa superior se extiende la capa de base, y el tejido de base se lamina con ambas capas. A continuación se realiza un termotratamiento, después del cual el producto final se separa del papel y ambos se enrollan separadamente. En la figura II se ilustra este sistema, para el que se emplea una "máquina tandem". Este método se emplea en la manufactura de los cueros sintéticos de CPV expandido y en la mayoría de los de PU de capas compactas.

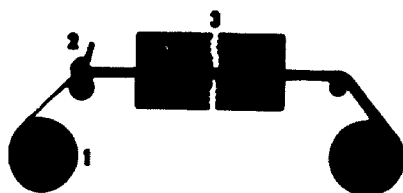
Existen también máquinas para imprimir, laquear y repujar, que se utilizan para que el producto se parezca más al cuero natural. (Quede entendido que los cueros sintéticos no sustituyen a los cueros naturales, sino que se han de aceptar como materiales complementarios.)

A continuación se indican algunas de las características más importantes del cuero sintético utilizado en la industria de la tapicería.

Su color debe tener bastante resistencia a la luz; es decir, no debe cambiar nada, o apenas, por efecto de la luz. En la escala internacional (ISO) el valor 6 es bueno y el valor 8, que es el máximo, excelente. Además, no debe producirse una migración de los

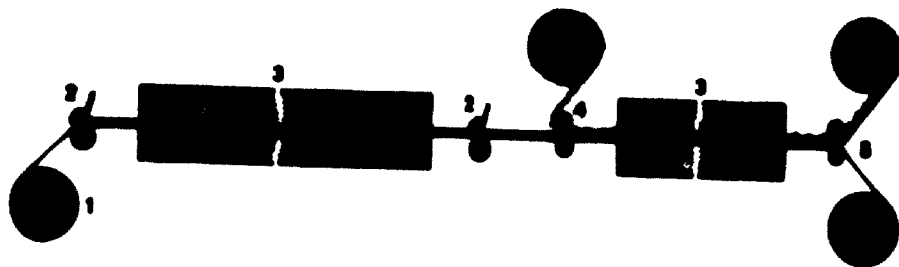
* Monografía presentada en el seminario por Gunnar Södermann, Oy Finlayson-Forssa Ab Plastic Works, Forssa, Finland. (Publicada originalmente con signatura ID/NG.105/27/Rev.1.)

Figura I. Máquina para el recubrimiento directo



Claves: 1 - tejido de base; 2 - pasta de plástico; 3 - horno

Figura II. Máquina "tandas" para el recubrimiento en dos fases



Claves: 1 - papel; 2 - pasta de plástico; 3 - horno;
4 - laminación con el tejido; 5 - separación

pigmentos, es decir, éstos no deben subir a la superficie. Esta migración puede observarse frotando el cuero con un trapo blanco que recogerá cualquier partícula suelta. El bronceado se determina de la misma manera. En este caso, la superficie de plástico tiene, como indica el nombre, un aspecto metálico, bronceado. La estabilidad del color en condiciones húmedas puede ensayarse frotando la superficie con un trapo mojado.

Los cueros sintéticos son resistentes a la mayoría de las sustancias químicas usuales. Sin embargo, en la industria del mueble el efecto de los adhesivos tiene gran interés. Aunque este tema se comenta detalladamente en otras páginas de esta publicación,^{1/} es preciso mencionar aquí los hechos siguientes.

Cuando están ya secas, las colas para madera no ejercen ningún efecto sobre los cueros sintéticos. Sin embargo, cuando están húmedas, las colas de gran acidez o las que contienen disolventes fuertes del acetato de polivinilo o azufre pueden decolorar los cueros. Por otra parte, una de las colas más populares, el acetato de polivinilo en dispersión, se puede utilizar incluso para encolar el cuero sintético directamente a la madera, sin ningún peligro. El cloruro de polivinilo (CPV) queda afectado por los disolventes fuertes, como por ejemplo los diluyentes. La gasolina (nafta), las grasas y los aceites tienen efectos nocivos sobre el CPV. El poliuretano (PU) puede resistir la acción de los agentes químicos mucho mejor.

En los países fríos se debe prestar especial atención a la flexibilidad a bajas temperaturas. El CPV cobra rigidez a esas temperaturas y se agrieta alrededor de los -40°C ($= -40^{\circ}\text{F}$). El PU es mucho mejor a este respecto.

En los países cálidos con humedad ambiental relativamente elevada, es preciso tener en cuenta la propiedad de hidrólisis. A este fin, se realizan ensayos de laboratorio en condiciones de 100% de humedad relativa a una temperatura de $+70^{\circ}\text{C}$. Los ensayos duran siete días y el plástico no debe agrietarse. Después del ensayo de hidrólisis se realiza con una muestra un ensayo de desgaste por fricción. Después de 3.000 ciclos, aunque, naturalmente, su superficie se habrá modificado, tomando un aspecto deslustrado, el cuero artificial debe seguir sin grietas. Esta prueba se realiza generalmente según el método de ensayo de la "Polyuretan-Gesellschaft Lemförde mbH & Co", de Osnabrücke (República Federal de Alemania), puesto que al parecer no existen normas internacionales.

En los automóviles tapizados con productos de CPV se produce un fenómeno de empañamiento, debido a que los plastificantes de aquí se evaporan a temperaturas elevadas (incluso en los países septentrionales, la temperatura de un automóvil puede alcanzar $+60^{\circ}\text{C}$ si se lo deja mucho tiempo al sol) y se condensan en el parabrisas y las ventanillas. Es muy difícil eliminar esta fina película de condensación que dificulta la visibilidad. En principio, estas son las características químicas más importantes de los cueros sintéticos de CPV, y naturalmente se relacionan con el plástico mismo. El tejido de base se ha de impregnar a veces para que resista al empañamiento y a las bacterias.

^{1/} Véase también el artículo 6 (Janitz Marilicete, "Empiezo de colas y otros pigmentos en la fabricación de muebles y la ebanistería").

De la cantidad de materia sólida y de posible relleno depende la viscosidad de la cola, que varía entre límites muy amplios: de 100 a 15.000 centipoises (cP). También hay que seleccionar la viscosidad en función de la presión que se aplique. Cuando ésta es elevada, la madera absorbe demasiada cola clara y por lo tanto también en ese caso es mejor utilizar una cola más espesa. La elección de la viscosidad depende además de la densidad y el contenido de humedad relativos de la madera: las maderas ligeras y húmedas admiten una cola espesa; las maderas pesadas y secas admiten colas más fluidas.

La acidez de la cola es un factor importante, pues los ácidos y las bases concentrados dañan la unión. Otra cosa que hay que tener en cuenta es la reacción de la propia madera, que suele ser ácida. Como los catalizadores utilizados como endurecedores también suelen ser ácidos, la unión en el peor de los casos puede debilitarse y la madera próxima a ella puede experimentar una ligera hidrólisis (ablandarse). A este respecto, las uniones gruesas empecran la situación.

Factores correspondientes al proceso

En el encolado, la aplicación de presión a las piezas es una etapa muy importante. Al encolar maderas de coníferas, se aplican presiones más bajas (15 kp/cm^2 , $213 \text{ lbf/pulgada}^2$) que si se trata de maderas de frondosas de densidad media (20 kp/cm^2 , $284 \text{ lbf/pulgada}^2$). Por lo menos en el caso de las maderas de Finlandia, esos valores todavía no ocasionan contracción de la madera.

Desde luego, las maderas de frondosas muy pesadas pueden tolerar presiones más elevadas, que no convienen para las maderas ligeras pues la presión hace penetrar la cola en la madera, con lo cual se obtiene una unión discontinua. La aplicación de una presión no uniforme tiene los mismos efectos, y es muy posible que una presión demasiado baja no consiga cerrar la unión.

En cuanto a las temperaturas, tanto la del lugar de trabajo como las de las piezas y la de la prensa han de corresponder a las exigencias del proceso. Es fácil cometer errores a este respecto, especialmente en ambientes fríos.

Tipos de colas

Clasificaciones generales

Las colas se pueden clasificar de distintas maneras. El criterio más corriente es su capacidad de soportar las condiciones ambientales. En este caso, se distingue principalmente entre colas para interiores y colas para la intemperie. Esta división se utiliza de manera general en la tecnología.

También se clasifican corrientemente las colas según su origen, y esto se suele hacer en los trabajos técnicos. En este caso, los dos grupos principales son las colas naturales y las colas plásticas. Las primeras se dividen además en los dos subgrupos de colas vegetales y colas proteínicas. Las colas plásticas pueden dividirse en tres subgrupos: colas termoestables, colas termoplásticas y elastómeros. Dentro de esos grupos principales, la clasificación puede proseguir con mayor detalle. A continuación figuran las características principales de esta clasificación detallada.

La resistencia al desgarramiento del cuero sintético también es importante. Generalmente, este material se cose antes de montarse. Al parecer, no existen normas generales; cada fabricante de muebles tiene sus propios procedimientos de ensayo. Sin embargo, los mejores resultados se obtienen cuando se emplean puntadas largas y el hilo no se atiranta en exceso.

La "Furniture Industry Research Association" (Asociación de Investigaciones de la Industria del Mueble) de Stevenage, Herts (Reino Unido) realiza ensayos muy detallados de todos los materiales de tapicería; entre otros, se llevan a cabo las pruebas siguientes:

Composición

Estructura/espesor

Resistencia a la rotura por tracción

Alargamiento a la rotura

Resistencia al desgarramiento

Resistencia de las costuras

Resistencia al desgaste por el uso

Resistencia al desgaste por el roce

Agrietamiento por flexión

Adhesión del revestimiento

Peso del revestimiento

Firmeza a la tracción/resistencia superficial

Estabilidad del color bajo fricción

Estabilidad del color a la luz

Resistencia a la degradación lumínica

Termoplaticidad y resistencia a los disolventes

Hidrólisis

Con frecuencia se pregunta cómo deben limpiarse los cueros sintéticos. Lo mejor y más sencillo es utilizar agua, jabón o detergente y un trapo o cepillo suave. Si este procedimiento no da resultados, se puede probar el alcohol. Si éste tampoco sirve, conviene consultar al fabricante del material.

Los distintos tipos de material plástico ofrecen posibilidades diferentes, como se indica a continuación.

El CPV compacto se puede utilizar como material de tapicería para muebles muy baratos de edificios públicos, como por ejemplo hospitales y estaciones de ferrocarril. En Finlandia sólo alrededor del 10% de los muebles producidos están recubiertos con este material.

El CPV expandido se puede utilizar para recubrir tipos mejores de muebles en edificios públicos y también para los muebles domésticos. Le corresponde alrededor del 80% del mercado.

El porcentaje correspondiente en el mercado a los materiales de PU no pasa de un 10% por el momento, pero es de esperar que aumente. Como este material se parece mucho al cuero, probablemente se utilizará bastante para muebles domésticos en un futuro próximo.

Los precios siempre varían, pero si se toma como unidad el precio del CPV compacto, el precio del CPV expandido podría ser de 1,5 a 2 y el PU de 2,5 a 3.

Resistencia de los alambres de acero y de otros materiales sometidos

Calidad	IK 45	TK 60	L	KL	IV
Alambre de acero					
IP del hilo/hormas/cm tramo trubidos					
Peso g/m ²	38/25	Punto	28/27	28/26	Punto
Ancho cm	30/24	algebra	52/31	52/21	algebra
	210	135	250	185	125
	135	140	145	130	145
Resistencia a la tracción tramo/trubidos kg/5 cm	70/65	16/8	58/88	49/51	25/56
Alargamiento tramo/trubidos, porcentaje	12/21	76/170	7/27	7/26	80/70
Resistencia al desgarro tramo/trubidos, kg	100/100	10/1-	100/200	300/200	100/100
Resistencia	CVT	CVT	FU	FU	FU
Peso g/m ²	430	compacto	compacto	compacto	compacto
Espeor total cm	0,7	600	80	80-90	100
Resistencia a la tracción tramo/trubidos, kg/5 cm	82/62	100	0,85	0,7	0,7
Alargamiento tramo/trubidos, porcentaje	12/44	35/17	45/83	45/42	25/59
Resistencia al desgarro tramo/trubidos, kg	100/100	32/190	7/28	6,5/30	70/82
Flexibilidad en frío °C	- 42	100/200	2,1/2,0	3,0/2,9	1,7/2,0
Alargada	5.000	8.000	3.000	3.000	5.000

IK 45, TK 60, etc. en los alambres de acero y de otros materiales por el Finlayson-Perros Ab, (Barcelona).

10. HERRAJES Y ELEMENTOS DE METAL²

La madera ha sido, tradicionalmente, la principal materia prima de la industria del mueble. Aunque se han utilizado el hierro y la piedra para hacer bancos y sillae, el empleo verdaderamente combinado del metal y de la madera es bastante reciente. Las tentativas más serias en esta dirección comensaron en Inglaterra en el decenio de 1850. A quienes tengan interés en la evolución histórica del mueble se les recomienda la lectura del libro de Helena Hayward titulado "World Furniture".^{1/}

El desarrollo de la metalurgia contribuyó al éxito de las combinaciones de acero y madera. Esta tendencia recibió el impulso adicional de la escuela arquitectónica llamada "funcionalista", por lo que el empleo de metal y madera en un mismo mueble se hizo cada vez más frecuente a partir del decenio de 1920 aproximadamente.

En esta exposición se consideran por separado los herrajes y los elementos de metal, estando el primer grupo dividido, a su vez, en herrajes para mobiliario y herrajes para carpintería.

Herrajes

Los herrajes, y sobre todo los herrajes para la construcción, abarcan para los finlandeses una amplia gama de productos entre los que se incluyen los pomos, picaportes, cerraduras, bisagras, timbres de puerta, fallabas de ventanas, topes de puerta y abrasaderas de barras de cortina.

Materiales

El empleo del latón para los herrajes está muy difundido. Se utiliza en forma de chapa, de perfiles y de piezas coladas bajo presión.

Otra aleación importante del zinc es el Zamak, que se compone de 3,5 a 4% de aluminio, 0,5 a 1,0% de cobre, 0,3 a 0,8% de magnesio, un máximo de 0,1% de manganeso, de hierro, de plomo, de cadmio y de estaño, y el resto de zinc. Se utiliza en artículos colados a presión y es muy popular porque su coste representa las dos terceras partes del del latón y, en buenas condiciones, se le pueden dar las mismas aplicaciones que a éste. Esta aleación va siempre cromada.

² Monografía presentada al seminario por Sampo Aho, Joutjärvi Oj, Lahti (Finlandia). (Publicado originalmente con signatura IB/MS.105/36/Rev.1.)

^{1/} "World Furniture" H. Hayward, ed. (Londres, B. Lynn, 1969).

Con anterioridad a la introducción del Zamak, estaba muy difundido el empleo del aluminio por su costo relativamente bajo. Sin embargo, su importancia como material para herrajes disminuye actualmente, excepto para los artículos baratos. Se utiliza, no obstante, todavía en forma de láminas, perfiles y piezas coladas a presión.

El acero se utiliza sobre todo en forma de chapa a partir de la cual se obtienen ciertos artículos por prensado.

Acabado

El acabado es una fase esencial en la fabricación del herraje porque es la que más contribuye al aspecto final del artículo y la que protege su material contra la corrosión y el desgaste. A este respecto se distinguen los siguientes tipos de acabado: mecánico (pintura y bruñido), electroquímico (cromado y níquelado) y químico (anodización y oxidación).

Bruñido. Se suele bruñir la mayor parte de los herrajes antes de darles el acabado final para eliminar posibles arañazos ocasionados durante las anteriores fases de fabricación, pero el propio bruñido puede ser el acabado final, como sucede con los artículos de latón y de aluminio. El bruñido puede efectuarse con bruñidores ásperos especiales que le dan al artículo una superficie mate.

Pintura. La pintura se suele aplicar electrostáticamente con fines sobre todo decorativos, ya que la resistencia a la corrosión y la duración de este acabado no son demasiado buenas. Sin embargo, su empleo se mantiene por ser relativamente fácil, ofrecer muchas posibilidades y permitir el retoque, así como por la aparición de las nuevas pinturas plásticas.

Cromado. El cromado es el acabado galvanoplástico más importante. Resiste bien a la corrosión y al desgaste mecánico y, además, ofrece la posibilidad de escoger entre varias superficies distintas, de las que tres se emplean en Finlandia: brillante, satinada y negra. El cromo suele depositarse sobre acero, Zamak o latón.

De acuerdo con las normas utilizadas en la industria finlandesa de los herrajes, se suelen depositar dos capas de cobre, una o dos de níquel, y finalmente, una de cromo, siendo el grosor de las capas de 8 a 10 micras (μm) de cobre, de 16 μm de níquel y de 0,2 μm de cromo. Si se desea un acabado de cromo negro se añade una capa negra adicional.

El níquelado y el revestimiento con cobre se efectúan de la misma manera; es decir, electrolíticamente, pero sin capas de cromo.

Anodización. El aluminio puede tratarse electrolíticamente para que su superficie se vuelva porosa por oxidación. Los poros impregnan con ciertos pigmentos y luego se cierran, con lo cual se obtienen superficies coloreadas decorativas utilizables para objetos de poco desgaste mecánico.

Oxidación. Se puede oxidar el latón de diversas maneras para darle una superficie oscura decorativa.

Inmersión en baño caliente. Los herrajes de acero pueden ser recubiertos mecánicamente por inmersión en metal fundido, a fin de revestirlos con una capa espesa que resista muy bien a la corrosión. Se suelen utilizar como metales de revestimiento el zinc y el aluminio, aunque también pueden emplearse el cobre y el latón.

Cualidades exigidas de los materiales y acabados

Al elegir herrajes para ciertos usos, han de tenerse en cuenta varias consideraciones pertinentes. A la intemperie, en una zona industrial o en las proximidades del mar, será preciso utilizar herrajes de latón, mientras que en una atmósfera limpia y en interiores pueden utilizarse herrajes de Zamak y de acero. De la misma manera para todos aquellos artículos sometidos a fuerte desgaste, como tiradores o manijas de puertas, es preferible el cromado a la pintura o al galvanizado, que a su vez resultan preferibles para superficies más resguardadas, tales como cerraduras embutidas y fallebas.

Consideraciones de decoración pueden exigir determinados acabados; en Finlandia, por ejemplo, suele ser costumbre combinar el latón bruñido con las llamadas maderas de color, como la teca y la caoba.

Elementos de metal

Este tema será tratado aquí desde el punto de vista de la industria del mueble, ya que el sector de la construcción suele tener sus necesidades especiales. Los elementos más importantes son las patas, brazos y respaldos de sillas, las mesas y sus patas, y el armazón de butacas y sofás.

Materiales

El material más utilizado por la industria del mueble es el acero tubular, cuyo perfil puede ser redondo, cuadrado, ovalado, prensado plano o una combinación de los ya citados. El aluminio y el latón se utilizan en forma de tubos y perfiles. También se utilizan elementos prensados o moldeados de chapa de aluminio, de latón o de acero. Se utilizan asimismo, en cierta medida, otras aleaciones.

Acabado

El acabado de los elementos metálicos es por lo menos tan importante como el de los herrajes y, habida cuenta de sus diseños, su importancia pudiera ser incluso mayor. El acabado más corriente es el cromado (brillante o satinado), pero la pintura se emplea casi tanto como él, puesto que los nuevos métodos y pinturas permiten obtener superficies más resistentes.

Perspectivas futuras

Se están ensayando continuamente nuevas materias primas. Por el momento, la fibra de vidrio y diversos plásticos son los materiales que ofrecen mejores posibilidades. Los plásticos han sido introducidos en la industria de los herrajes para pomos y picaportes, bisagras ligeras, tiradores y artículos por el estilo, y se están utilizando tanto la fibra de vidrio como los plásticos para armazones de muebles y tapicería. Un material nuevo con grandes posibilidades es el asbestocemento, que se ha utilizado ya como materia prima para diversos tipos de sillas y de bancos.

Los siguientes estudios sobre aplicaciones diversas de la madera han sido preparados por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

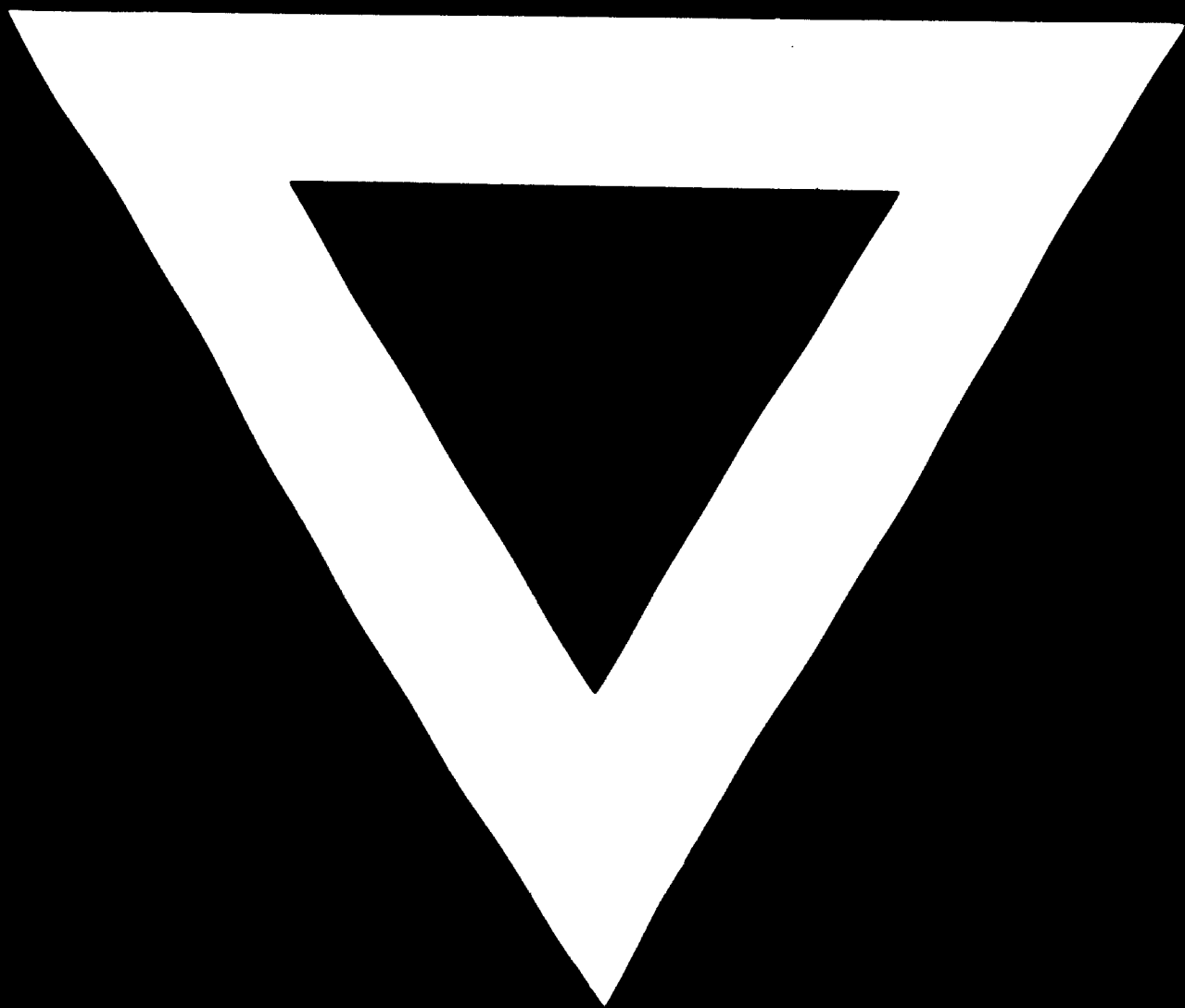
- ID/10 Técnicas para la utilización de la madera como material de construcción de viviendas en los países en desarrollo, Informe de un Grupo de Estudio, Viena, 17 - 21 noviembre 1969
(Publicación de las Naciones Unidas, Núm. de venta: 70.II.B.32.)
- ID/61 Producción de casas de madera prefabricadas, por Keijo N.E. Tiusanen
(Publicación de las Naciones Unidas, Núm. de venta: 71.II.B.13.)
- ID/72 Función de la madera como material de embalaje en los países en desarrollo, por B. Hochart
(Publicación de las Naciones Unidas, Núm. de venta: 72.II.B.12.)
- ID/79 Producción de paneles a partir de residuos agrícolas, Informe de la Reunión del Grupo de Trabajo de Expertos, Viena, 14 - 18 diciembre 1970
(Publicación de las Naciones Unidas, Núm. de venta: 72.II.B.4.)

UNIDO/LIB/SER.D/4

Guides to Information Sources No.4; Information Sources on the Furniture and Joinery Industry (Guías de Fuentes de Información Nº 4: Fuentes de información sobre la industria del mueble y de la ebanistería)

- ID/108 Industrias del mueble y de la ebanistería para los países en desarrollo:
Parte segunda: Tecnología de elaboración
Parte tercera: Consideraciones de gestión





75.04.09