

# NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LOS PRODUCTOS COMPUESTOS DERIVADOS DE LA MADERA: COMPOSITES

T.M. MALONEY traducción F.Peraza

fotos de composites: AITIM. Ambiente: Design from Scandinavia

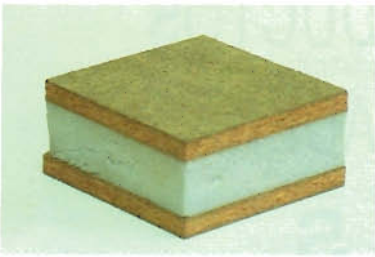


NEW  
TECHNOLOGIES  
IN THE  
WOOD-BASED  
COMPOSITES SECTOR

*Por su interés, se recoge este documento que fue presentado por su autor a un seminario sobre aplicaciones de las nuevas tecnologías en la fabricación de los tableros de madera, organizado por el Comité de la Madera de Naciones Unidas en Mayo de 1.991.*

LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DESARROLLADAS EN LOS PRODUCTOS COMPUESTOS DERIVADOS DE LA MADERA DURANTE LOS ÚLTIMOS 40 AÑOS HAN SIDO MUY IMPORTANTES.

ACTUALMENTE SE ESTÁN PRODUCIENDO GRANDES CANTIDADES DE NUEVOS MATERIALES ELABORADOS A PARTIR DE PRODUCTOS DE LA MADERA. EL ABANICO DE PRODUCTOS ABARCA DESDE LOS YA CONOCIDOS, COMO SON LOS TABLEROS CONTRACHAPADOS Y LOS TABLEROS DE PARTÍCULAS, HASTA LOS PRODUCTOS COMPUESTOS DE GRANDES DIMENSIONES QUE SE UTILIZAN EN CONSTRUCCIONES SINGULARES. EN ESTE ARTÍCULO SE DESCRIBEN ALGUNAS DE LAS TECNOLOGÍAS MÁS MODERNAS QUE SE UTILIZAN EN LAS INDUSTRIAS DE LA MADERA PARA LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS COMPUESTOS



## 1.- INTRODUCCION

El campo de los productos fabricados con tableros ha cambiado muy significativamente desde 1.950. Nuevos tipos de partículas, nuevos adhesivos, mejoras de las propiedades de los adhesivos, mejoras en el desarrollo de los equipos de producción, mejoras en los procesos de control y las nuevas innovaciones (incluyendo la informatización), conjuntamente con las nuevas aplicaciones de estos productos han hecho posible que en 1.991 se hable de un nuevo mundo en los tableros y en los materiales elaborados a base de madera. Estos nuevos materiales se conocen con el nombre de "composites" o productos compuestos o mixtos. Incluyen además de los tableros a los productos moldeados y a los productos elaborados con combinaciones de madera y otros materiales.

Actualmente la producción de productos compuestos o mixtos es muy importante. En 1.950 ya se producían cantidades significativas de tableros contrachapados, materiales encolados con colas inorgánicas, tableros de fibras y tableros de partículas. Hoy en día estos productos conjuntamente con los nuevos productos compuestos, se han convertido en la parte más importante de los productos fabricados por la industria de la madera. Un informe de la situación mundial realizado por la FAO en 1.989 (Secretariat 1.990) refleja una producción mundial de 125.883.000 metros cúbicos de tableros en 1.988.

Este artículo analiza las nuevas tecnologías en el sector de los productos compuestos de tableros fabricados con productos derivados de la madera. El título de este artículo se ha cambiado deliberadamente de tableros fabricados con productos derivados de la madera por el de composites o productos compuestos. La razón ha sido poder incluir a los materiales compuestos a base de madera aserrada y a los productos moldeados, que actualmente ya son productos importantes y que llegarán a serlo más en el futuro. Debido al tamaño actual de la industria es imposible analizar completamente el tema, consecuentemente se producirán omisiones.

Los **Composites** o productos compuestos o mixtos se definen como los materiales que poseen la propiedad de poder encolarse juntos. Así la cola, la resina, o el adhesivo, es una parte importante que influye en la calidad de su fabricación. Las resinas y las colas convencionales están basadas en compuestos del petróleo y de los gases naturales, que son caros y llegarán a serlo más ya que el precio del petróleo se incrementará. Un factor que contribuye a incrementar los problemas para ciertos países es que tienen que importarse, lo que les supone un aumento del coste.

La madera y sus productos compuestos son materiales importantes que benefician al hombre. La población mundial está creciendo y consecuentemente la demanda de madera y de sus productos derivados; y por otro lado las fuentes forestales están disminuyendo en un porcentaje mayor que en el pasado. Por un lado el coste de las materias primas para producir los composites se está incrementando muy rápidamente, por otro la tecnología ha avanzado de tal forma que cada vez se pueden utilizar materiales con calidades más bajas para la fabricación de composites (se

construyen mejores equipos, se ha desarrollado un equipamiento mejor, y el personal está mejor entrenado). Las mayores necesidades se centran en un mejor aprovechamiento de todas las especies que se encuentran en el bosque y de las diferentes materias primas, en el desarrollo de nuevos sistemas de adhesivos más económicos, en el desarrollo de nuevas medidas que salvaguarden el medio ambiente, en la mejora de los sistemas ignífugos, y en educar a aquellos que no están familiarizados con los productos compuestos de madera en las técnicas adecuadas para su utilización en estructuras y en la industria del mueble.

### Este artículo analiza :

- los tableros
- los productos moldeados
- los productos compuestos de madera aserrada
- componentes fabricados con adhesivos
- y los valores añadidos

### Dentro de los tableros se incluyen :

- tableros contrachapados de coníferas
- tableros contrachapados de frondosas
- tableros de partículas
- tablero alistonado
- MDF (tableros de fibras de densidad media, proceso seco)
- tableros de fibras ligeros y semiduros, proceso húmedo (comprimidos y no comprimidos)
- tableros de fibras duros, proceso seco
- OSB
- Waferboard
- COM-PLY
- tableros moldeados
- adhesivos inorgánicos.

### Dentro de los composites se incluyen :

- LVL (chapas de madera laminadas)
- COM-PLY
- PSL (tiras de madera encoladas en la dirección longitudinal)
- OSL (tiras de madera encoladas con la misma orientación).
- PSL (tiras de madera encoladas en la misma dirección)

No se mencionan en este artículo, aunque también son importantes composites de acuerdo con su definición, los elementos de madera laminada y los tableros de madera aserrada encolados por el canto. Estos excelentes productos, ya antiguos, son todavía importantes e incluso se han beneficiado con el desarrollo de nuevos adhesivos y mejoras de la producción, como son la alta frecuencia en el encolado.

Los comentarios de este artículo son parciales ya que no se conocen los posibles avances desarrollados en los países de la Europa del este. Un último comentario con bastante importancia es el impacto económico de las nuevas tecnologías. En América del Norte un aspecto económico muy importante es que los precios de los productos finales tienen que permanecer relativamente estables a pesar del incremento de los costes de la mano de obra, madera y adhesivos. La nueva tecnología ha marcado la diferencia disminuyendo los costes de producción. Sin la nueva tecnología los precios de los productos actuales serían mucho mayores.



tablero Waferboard

Para los tableros contrachapados con madera de coníferas el mayor avance es el encolado con colas fenólicas utilizando chapas con un contenido de humedad iguales o superiores al 10%, en lugar del 3-4%. Se consiguen incrementos de la producción del secadero, incrementos de la productividad de la prensa, menores extendidos de la cola, mejoras en el pre-prensado, mejores tolerancias en los tiempos de armado, mejoras en el encolado de las chapas, y menos bufidos en los tableros. Algunas fábricas han obtenido ahorros superiores al 22% en los costes de cola, mientras que simultáneamente se ahorra en los costes de secado y de prensado. ( Dettlefsen 1.987, Knokey 1.987 ).

El encolado de las chapas con un alto contenido de humedad (igual o inferior al 15%) origina que el producto se encuentre más cerca de los valores de humedad de equilibrio de su aplicación, reduciéndose los alabeos y los cambios dimensionales. Sin embargo las fábricas deben trabajar con procesos del control estrictos para conseguir el encolado correcto de las chapas con un alto contenido de humedad (Maylor 1.988). La calidad del producto se reduciría significativamente si no se realiza correctamente.

2.-

## TABLEROS COMPOSITE

### OTABLEROS DE PRODUCTOS COMPUESTOS

2.1.-

#### TABLEROS CONTRACHAPADOS

##### DE MADERA DE CONIFERAS

Los tableros contrachapados de coníferas dominan el mercado de tableros de Norteamérica. Las mejoras más importantes y significativas se han conseguido en la reducción del coste de producción, que ha hecho posible incrementar la producción y permanecer competitivo frente al OSB. Sin embargo durante el año pasado la reducción de los suministros de madera en el oeste de los Estados Unidos y los incrementos del precio de los rollizos para desarrollo originó el cierre de algunas fábricas. Las fábricas de tableros contrachapados están estudiando la posibilidad de producir productos de mayor valor añadido que van más allá de la recubrición de los tableros ( los tableros básicos de construcción ), dejando gran parte del mercado a los tableros OSB de bajo coste.

La producción de tableros contrachapados con madera de coníferas ha sufrido un cambio muy importante en los últimos años. Algunos cambios que se han producido en su proceso productivo han sido :

- el pretatamiento de bloques de chapas, que han hecho posible mejorar la calidad de las chapas y la cantidad de chapa producida
- la computerización X-Y de la cara de las trozas a desenrollar
- el scanning o exploración por ultrasonidos de las trozas a desenrollar
- powered backup rolls ( los trenes de laminación de reserva y motorizados )
- las barras de presión automatizadas ( powered nose bars )
- el posicionamiento lineal de la cuchilla del carro del torno, que se ha convertido en parte integrante del torno convencional y que incrementa la producción de chapa

También se han introducido los tornos de desenrollado sin ejes que desenrollan trozas con diámetros inferiores a 50 mm. Y cambios en el sistema de encolado, como el encolado de las chapas con un mayor contenido de humedad y la espumación de las colas, que han reducido la cantidad de adhesivo requerida y consiguientemente la reducción de los costes de producción.



2.2.-

#### TABLEROS CONTRACHAPADOS

##### CON MADERA DE FRONDOSAS

Los tableros contrachapados con madera de coníferas se utilizan principalmente en aplicaciones estructurales, mientras que los tableros contrachapados con madera de frondosas se utilizan tanto en aplicaciones estructurales como en aplicaciones decorativas. Las mejoras introducidas en los últimos años han posibilitado la obtención de más chapa de las trozas y la producción de tableros contrachapados de mejor calidad con un mayor rendimiento. La mayoría de estas mejoras datan de hace bastantes años, pero se están poniendo en práctica en nuestros días.

Las últimas versiones de máquinas de corte a la plana en el sentido longitudinal ya están instaladas en muchas fábricas, particularmente en Asia y en Australia. Estas máquinas no tienen el rendimiento de las máquinas convencionales, pero trabajan bien en pequeñas fábricas. Permiten recuperar las maderas difíciles de trabajar en las fábricas convencionales, y obtener chapas de las maderas de calidad en los aserraderos. De esta forma los aserraderos tienen la oportunidad de incrementar el valor añadido, produciendo chapas y madera aserrada.

Algunas de las razones para utilizar máquinas de corte a la plana en el sentido longitudinal son : la pequeña inversión necesaria, no hacen falta bancadas, los bajos consumos de energía, el aprovechamiento completo o casi completo de los costeros de los rollizos, la automatización de las operaciones, y la posibilidad de producir chapas finas con una alta calidad superficial igual a la de las chapas gruesas. La longitud de los costeros puede ser cualquier-

ra, dependiendo de la capacidad de la máquina, puede estar comprendida entre 1,22 y 3,66 m ( Woodworking International 1.985). Si se requiere más chapa es relativamente barato añadir otra máquina. La combinación de aserradero y fabricación de chapas ha supuesto un incremento significativo en los beneficios y en la recuperación de producto ( Lembke 1.986) El desarrollo de este tipo de máquinas ofrece una oportunidad a la industria de tableros contrachapados de maderas de coníferas al proveer chapas finas de alta calidad para superposiciones, recubrimientos y el laminado de cantos de materiales compuestos y productos laminados.

El mayor competidor de los tableros contrachapados delgados de madera de frondosas es el tablero MDF delgado. Estos últimos con recubrimientos adecuados o impresiones de calidad tienen la misma apariencia que los tableros contrachapados de maderas de frondosas, y están acaparando una parte importante de su mercado.

tablero moldeado de partículas



### 2.3.-BLOCKBOARD-TABLEROS ENLISTONADOS

44

A veces se sobreestima al blockboard, pero su tecnología ya se conocía hace tiempo o se puede definir como una combinación de otras tecnologías que puede proveer tableros con múltiples aplicaciones para la construcción. Los tableros enlistonados (fabricados con listones de madera en su parte central y recubiertos con chapas de madera cruzadas) se fabrican con las testas de los listones de madera encolados con el consiguiente ahorro de adhesivo (Marenzi 1.987).



LVL  
Madera microlaminada

### 2.4.-TABLEROS DE PARTICULAS

Los tableros de partículas constituyen el producto dominante dentro de los tableros utilizados en la industria del mueble, aunque una parte importante de su producción se utiliza en aplicaciones estructurales (suelos, cubiertas, tabiques interiores, y escaleras). Las líneas de fabricación son cada vez más sofisticadas con la introducción de la informática, de los controladores lógicos de procesos, y una gran variedad de modernos aparatos de medida, que ya se consideran normales en las líneas.

La materia prima básica sigue siendo la misma: residuos de madera o rollizos de baja calidad. Algunas industrias reciclan materiales o productos de madera, cuando resulta económico utilizarlos, convirtiéndose en otro posible suministro de materia prima.

Aunque no se ha desarrollado una nueva generación de máquinas de astillado, la preparación de las partículas está cambiando. El cambio se ha producido porque su competidor el tablero MDF, tiene unos cantos relativamente uniformes capaces de mecanizarse o moldurarse limpiamente y un mejor acabado superficial, esto ha provocado que una gran parte de la industria de tableros de partículas en los Estados Unidos utilice partículas más pequeñas y esbeltas. Con estas partículas se fabrica un tablero parecido al MDF en la calidad de los cantos y de la superficie. Sus cantos se mecanizan mejor y su superficie no es susceptible del *fiber pop*. Hay que tener en cuenta que incluso las partículas muy pequeñas (con una longitud inferior a 2 mm), cuando se humedecen por la cola durante su recubrimiento con papeles decorativos finos, se hinchan notablemente (fiber pop) mostrando su forma a través del papel decorativo. También en casos extremos cuando se utilizan bajos niveles de cola (colas acuosas) también se produce el *fiber pop* (Maloney 1.987)

El prensado en continuo está adquiriendo un gran interés en los fabricantes de todos los tipos de tableros. Se han desarrollado muchos tipos de prensas continuas durante estos años. Bartrev tuvo un éxito limitado hace aproximadamente 40 años, mientras que el sistema Mende para producir tableros delgados ya tiene un gran éxito (Wentworth 1.975). Se están introduciendo nuevas mejoras en las prensas Mende para la fabricación de tableros MDF delgados (Alvarez 1.990).

La nueva generación de prensas continuas está presente en el mercado con tres versiones: la Contipress fabricada por Küsters, la Hidrobyn fabricada por Bison - Werke y la ContiRoll fabricada por Siempelkamp. Estas tres prensas están operando desde hace varios años. Wiecke (1.984) realizó una comparación de sus principios operativos. Próximamente Dieffenbacher anunciará la versión de su nueva prensa. Están funcionando o lo estarán muy próximamente 50 prensas de estos tipos (Mayner 1.990). Durante los últimos 3 años también se ha introducido la incorporación de inyección por vapor en las líneas de fabricación, que también se está utilizando en la fabricación de los MDF muy gruesos y los OSL.

Se está considerando con interés el reciclado de productos de la madera, como materia prima para la fabricación de productos compuestos. Este tipo de madera ya se ha utilizado en África del Sur y en la R. F. de Alemania. Sin embargo existe cierta inquietud sobre la posible contaminación de este tipo de madera, particularmente la madera que procede de demoliciones, de desperdicios o de materiales tratados con productos ignífugos o con protectores de madera.

Se han utilizado diferentes tipos de tratamiento para mejorar las características dimensionales de los tableros de partículas. La mayoría de los tratamientos se basan en productos encolados con resinas fenólicas. Sin embargo los recientes trabajos (Hsu 1.989) han demostrado que pueden obtenerse, mediante un corto pretratamiento de la partículas con vapor, productos dimensionalmente estables encolados con resina de urea formaldehído. Estos tratamientos se realizan con vapor durante tiempos inferiores a 1 minuto, antes de la fabricación de los table-



## 2.5.-TABLEROS DE FIBRAS

### 2.5.1.-TABLEROS DE FIBRAS LIGEROS Y SEMIDUROS

#### TABLEROS AISLANTES

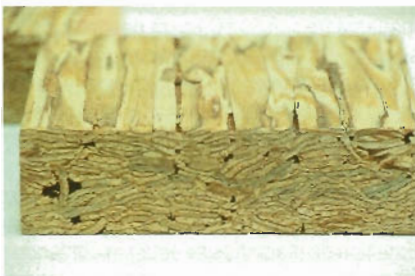
(TABLEROS DE FIBRA NO COMPRIMIDOS)

WET PROCESS FIBREBOARDS:

SOFTBOARDS MEDIUMBOARDS

La fabricación de este tipo de tableros ha ido disminuyendo lentamente. La necesidad de depurar los efluentes de agua ha sido uno de los mayores problemas, conjuntamente con la competencia con productos alternativos como los tableros de plástico espumados que ha influido negativamente en la fabricación de este tipo de tableros. Existen métodos para evitar los problemas derivados de los efluentes de agua, principalmente están basados en el desarrollo de enzimas o bacterias que limpian el agua de hemicelulosas (el mayor contaminante de las aguas residuales).

Uno de los pocos tableros de este tipo que sigue teniendo éxito en los Estados Unidos, es el Momosote. Este producto se fabrica con desperdicios de periódicos y desperdicios de pasta mecánica utilizada para publicaciones de papel. Su fabricación se inició en 1.916 (basada en la tecnología de la fábrica de tableros Agasote en el Reino Unido). Homosote es un producto estructural compuesto por fibras de madera recicladas. Además se producen otros tipos de tableros que se combinan con espumas rígidas de uretano, folios, fibra de vidrio, y otros materiales, y que se utilizan como componentes para tabiques y cubiertas (Post 1.990a).



PSL

### 2.5.2.-TABLEROS DE FIBRAS DUROS

(TABLEROS DE FIBRAS COMPRIMIDOS)

#### TABLEROS DE FIBRAS DUROS. PROCESO HÚMEDO

Este tipo de productos continua teniendo importancia en todo el mundo. Al igual que los tableros de fibras ligeros y semiduros tienen los mismos problemas relativos al reciclaje de sus aguas residuales. Las regulaciones ambientales más estrictas pueden impedir utilizar

las aguas residuales que se han utilizado previamente (por ejemplo su aplicación para irrigaciones) en contra de las leyes de algunos países. El trabajo mencionado previamente sobre el desarrollo de enzimas y bacterias para la limpieza de las aguas puede ser un avance importante en el proceso húmedo de los tableros de fibras duros.

La aparición de los OSB y su aplicación para el entablado de paredes ha tenido un impacto negativo en este tipo de tableros, sobre todo en los Estados Unidos. El recubrimiento de paredes ha sido el mayor mercado para los tableros de fibras duros en los Estados Unidos, aunque estos tableros también se han utilizado como sustitutos de madera sólida, como tapajuntas, molduras ... etc.

La expansión de las líneas de producto incluyen materiales de cubrición de tejados en forma de tejas o simulando tablas de ripia de madera (shakes). Estos tableros no tienen ningún tratamiento, y se están fabricando y utilizando en Sudafrica y los Estados Unidos (Maloney, 1982). El mercado americano se ha expandido considerablemente desde entonces.

vigueta prefabricada



### TABLEROS DE FIBRAS DUROS. PROCESO SECO

Los tableros de fibras duros obtenidos mediante el proceso seco se confunden a menudo con los tableros MDF delgados. En el encolado del proceso seco se utilizan los mismos adhesivos sintéticos que los empleados en los tableros de partículas y de MDF. Normalmente tienen peores propiedades bajo condiciones húmedas, cuando se las compara con las del obtenido por el proceso húmedo; esto es debido a la afinidad de la hemicelulosa por el agua, que queda retenida en las caras superficiales en vez de parcialmente lavadas como en el proceso húmedo. Una de sus principales aplicaciones es su utilización como paramento en las puertas, aunque algunos puedan considerar a este producto como un producto moldeado.

### 2.5.3.-TABLEROS DE FIBRAS DE DENSIDAD MEDIA

Se han instalado muchas fábricas de MDF durante los últimos 3 años y otras muchas están planificadas. Las fábricas producen tableros finos y gruesos. El tablero MDF fino es generalmente elaborado por el sistema de prensado en continuo. A las prensas mencionadas en los tableros de partículas hay que añadir las nuevas versiones de la prensa Calendar Bison's Mende. Una nueva fábrica que se instalará en Canadá tendrá 3 prensas Küsters para fabricar tablero MDF delgado con anchos de 2,44 a 2,70 m. La fábrica también tendrá una prensa de 8 platos calientes de 2,44 por 7,3 m.

La tecnología para la fabricación del MDF se ha desarrollado enormemente en los últimos años. Aproximadamente existen cerca de 100 fábricas en todo el mundo. Todo indica que la mezcla de especies puede realizarse mejor en una fábrica de MDF que en una de tableros de partículas. Aunque todavía existen algunos problemas relativos al diseño del sistema de encolado cuando hay dife-

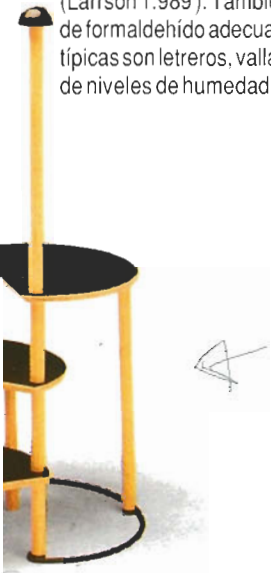
rencias químicas significativas entre las especies de madera empleada. La urea formol es todavía la cola dominante. La interacción entre los compuestos químicos de las especies de madera y la urea formol es bien conocida. El control de las características químicas de las especies es necesario para asegurar que la calidad del tablero MDF se mantenga constante.

Se puede utilizar una gran variedad de materias primas en las fábricas de MDF, que varían desde las astillas utilizadas en la industria papelera hasta los residuos de la cepilladora, los recortes de contrachapados y los desperdicios de los aserraderos. Sin embargo todo ese tipo de materias primas tienen que introducirse en la línea del proceso en el nivel apropiado para asegurar la consistencia de la calidad de las fibras (Borchgrevink 1.980). El total de la materia prima de madera debería incluir por lo menos un 25 % de astillas utilizadas para la industria del papel con el objeto de conseguir unos acabados superficiales mejores (fiber furnish). Otros materiales no provenientes de la madera como el bagazo también producen excelentes tableros MDF.

Los desfibradores (refiners) se han mejorado considerablemente en los últimos años, consiguiendo un mayor rendimiento de producción de fibras con costes más bajos. Virtualmente casi todas las nuevas fábricas de MDF utilizan desfibradores de un sólo disco, en contraste con los de doble disco, debido al mayor rendimiento de material y la facilidad de las operaciones (Wiecke 1.990).

El secado se realiza a través de secaderos tipo tubo que tienen menos problemas de formar apelotonamientos de fibras y son más fáciles de controlar, sobre todo en lo concerniente a los finos. Las líneas de soplado de los secaderos se utilizan para mezclar la resina con la fibra, particularmente para la cara del acabado.

Otro avance en la fabricación de los MDF incluye la instalación de radio-frecuencia o de una unidad de precalentamiento de alta frecuencia a la entrada de la prensa continua para fabricar tableros delgados. El tiempo de prensado se puede reducir en un 40% (Larsson 1.989). También se han desarrollado tableros MDF libres de formaldehído adecuados para usos exteriores. Las aplicaciones típicas son letreros, vallas publicitarias y otros lugares susceptibles de niveles de humedad elevada (Anonymous 1.990a).



## 2.6.-COM-PLY

Los tableros COM - PLY están constituidos por chapas y partículas grandes o virutas. Los tableros de 3 capas tienen chapas en las caras y partículas en el centro o en su interior, los tableros de 5 capas tienen una chapa central (colocada con la dirección de la fibra formando un ángulo de 90° con la dirección de la chapas de las caras). Por el momento este producto se fabrica muy poco.

## 2.7.OSB/WAFERBOARD-TABLEROS DE VIRUTAS

El desarrollo del OSB y de los Waferboards es muy conocido en los Estados Unidos. Durante los últimos 3 años casi toda la producción ha sido de OSB. Solamente una de las 40 fábricas registradas produce Waferboard. Los tableros se utilizan casi exclusivamente en aplicaciones estructurales, en la misma forma que los tableros contrachapados. Se convierte en un producto muy parecido a los tableros contrachapados, particularmente cuando el tablero de OSB tiene una gran resistencia a la flexión en la dirección del tablero (normalmente la dirección de más longitud). El OSB se fabrica generalmente con grosores pequeños, por ejemplo 11,1 y 12,7 mm, al compararlo con los waferboard utilizados en aplicaciones parecidas, por lo que cuando se fabrica OSB se produce un ahorro de material.

La mayoría de los tableros OSB se fabrican con una longitud de partícula igual o superior a 75 mm en las capas superficiales. En el centro se pueden poner partículas más pequeñas que pueden no estar orientadas. Generalmente se fabrican con las capas orientadas (normalmente 3, aunque también se pueden fabricar con 5 capas) que se arman de la misma forma que los tableros contrachapados.

La cuota de mercado de los OSB supone una parte muy importante de los tableros utilizados en funciones estructurales. Su crecimiento ha sido mayor en los Estados Unidos y Canadá, aunque actualmente se han instalado fábricas en Europa y están planificadas en Sudamérica y otros lugares del mundo.

La industria de OSB puede utilizar como materia prima troncos irregulares, pero prefiere los que sean relativamente derechos y con diámetros de 350 mm, debido a que las descortezadoras que se utilizan son del tipo anillo. Este tipo de descortezado consume mucho tiempo y es ineficaz para troncos pequeños. Sin embargo se utilizan una gran cantidad de troncos con diámetros inferiores a 350 mm. Para este tipo de troncos se utilizan tambores descortezadores especialmente diseñados, aunque se pueden producir daños en la madera durante la operación de descortezado.

La industria se ha desarrollado con madera de frondosas de baja densidad como los chopos, sin embargo también se pueden utilizar los pinos del sur (lodgepole pine, jack pine y scotch pine). Las especies con altas densidades son difíciles de utilizar al obtenerse tableros de altas densidades que son difíciles de manejar, cortar, clavar y caros de transportar.

En la fabricación de los tableros OSB se necesitan troncos verdes para poder cortar virutas con la calidad requerida. En los climas fríos se necesitan depósitos de inmersión calientes (aproximadamente con 50 °C) para deshelar los troncos. Después del secado, el material más fino con un tamaño inferior a 3,3 mm se elimina por tamización y se utiliza normalmente como combustible. La mayoría de las máquinas utilizadas para la obtención de virutas son del tipo de disco. Se han desarrollado nuevas viruteadoras con cuchillas y discos que obtienen virutas con la longitud total del tronco, sin necesidad de tener que troncarlo a longitudes de 760 mm, tal como se requiere para alimentar las máquinas antiguas. Este tipo de máquinas se están imponiendo rápidamente en las fábricas (Pallman 1.990). Las continuas mejoras en las viruteadoras ayudarán a desarrollar al OSB.

También se está introduciendo el prensado en continuo en la fabricación del OSB, y se está considerando la inyección de vapor (el prensado con inyección de vapor ya se ha utilizado en la fabricación de los tableros de partículas y de MDF, y se está planificando para los PSL). Esto podría acelerar la velocidad de prensado de los tableros encolados con colas fenólicas, con colas de isocianato, y con grosores superiores a 19 mm (Geimer 1.982, Geimer y Price 1.986).



La industria está mostrando un gran interés y preocupación por el excesivo hinchamiento que se producen en los tableros gruesos, especialmente en los OSB. Se han propuesto métodos para corregir este problema a base de tratamientos con vapor (Hsu 1.987). Estos tratamientos con vapor ya se habían propuesto anteriormente (Heebrik y Hefty 1.968) y se habían utilizado con éxito en la industria.

Para conseguir la estabilidad dimensional se han propuesto y llevado a la práctica, hasta un cierto grado y durante muchos años, las modificaciones químicas de los productos compuestos. Hace relativamente pocos años el Forest Product Laboratory de los Estados Unidos realizó importantes investigaciones en este campo, particularmente para productos diseñados para utilizarse en condiciones ambientales adversas. Sus trabajos incluían una modificación química de los componentes reactivos de la pared celular. Esta tecnología está emergiendo y puede tener o ser de un gran valor comercial para los fabricantes de tableros (Youngquist y Rowel 1.988).

En el campo de los tableros estructurales existe la posibilidad de utilizar astillas normalizadas de la industria papelera o maxi-astillas (con longitudes superiores a 50 mm), viruteadoras con anillos y utilizar la orientación eléctrica para alinear las partículas, que son de longitudes variables (Fyie, Peters y Henckel 1.980). La mezcla de longitudes de fibras también puede utilizarse para producir tableros estructurales (Maloney 1.984). Esta aproximación tiene un gran futuro en aquellas localidades donde exista una disponibilidad de troncos de los que se puedan extraer fibras largas.

### 3.- PRODUCTOS MOLDEADOS

Los materiales de fibras o de partículas moldeados tienen una larga historia en la industria, particularmente en los países del Oeste de Europa y en los Estados Unidos donde las puertas moldeadas constituyen uno de los productos más importantes. Los elementos moldeados para la industria del automóvil han incrementado su cuota de mercado en detrimento de los materiales plásticos. Las combinaciones de fibras de madera y plástico han permitido fabricar tableros interiores, para las puertas de los coches, con relieves o impresiones que eran imposible de realizar utilizando sólo madera. Por lo menos 12 tableros de este tipo se están utilizando en los coches americanos. Estos tableros están recubiertos con láminas de plástico. Su elevada resistencia en relación a su peso les convierten en un producto muy atractivo (Triolo 1.986). Otros productos moldeados que han tenido éxito son los pallets. Los elementos estructurales moldeados ofrecen grandes oportunidades en el futuro para su utilización en edificios o en la construcción. Los diseños de láminas plegadas ofrecen una gran resistencia con una utilización mínima del material. Quizás los productos de madera moldeados encontrarán nuevos campos de aplicación en detrimento de los plásticos, si el precio de estos sigue subiendo.

### 4.- TABLEROS INORGANICOS

#### (ENCOLADOS CON COLAS INORGÁNICAS)

Existe un gran interés mundial en el desarrollo de los tableros inorgánicos. Los nuevos desarrollos de materiales con fraguados y procesos más rápidos han hecho concebir este interés. El mayor interés se ha suscitado con los tableros de fibras de yeso. Este producto desarrollado en la R. F. de Alemania acapara una parte muy significativa del mercado alemán de los tableros de yeso. Varias compañías suministradoras de equipo han desarrollado la línea productiva. Las materias primas se han diseñado de tal forma que se puedan obtener de todos los materiales reciclados, desperdicios de papel para las fibras, y el yeso obtenido de las plantas generadoras de electricidad que utilizan carbón.

Actualmente existen dos plantas operando en Norteamérica, una en el este de Canadá y otra en el este de los Estados Unidos (Donnell 1.990). Este producto es diferente de los tableros de yeso convencionales, en los que el yeso se encuentra entre dos láminas gruesas de papel. Los tableros de fibras y de yeso tienen la fibra uniformemente mezclada en todo el tablero, lo que les permite ser cortados y utilizados en aplicaciones diferentes a los tableros de yeso convencionales (Natus 1.990 y Godfrey 1.990). Si la construcción en los Estados Unidos y en Canadá acepta este nuevo producto existirá un gran potencial para la instalación de nuevas plantas en América del Norte.

Las tablas de ripia y duelas ya se están fabricando utilizando fibras de madera, arena y cemento. Este producto "Hardishake" se fabrica en Nueva Zelanda se moldea para que parezca una madera de duelas y se fabrican en diferentes colores. Esta compañía está construyendo una nueva planta en California (Andrews 1.988).

### 5.- PRODUCTOS COMPUESTOS

#### DE MADERA ASERRADA Y COMPOSITOS

La disminución de la calidad de los bosques del mundo y de la cantidad de madera disponible ya sea para madera aserrada convencional o para madera aserrada de alta calidad ha provocado un tremendo interés en la producción de materiales compuestos parecidos a la madera. Las investigaciones han demostrado que dichos materiales puede fabricarse, y de hecho ya se están produciendo en algunas fábricas.

láminas ( LVL ), COM PLY ( R ) tiras de madera encoladas paralelamente ( PSL ), y el OSL. En 1.991 el LVL se ha convertido en el material constructivo más importante. Se está considerando la instalación de nuevas fábricas, en la medida en que se van mejorando los procesos productivos. Los tiempos de prensado son superiores a 20 minutos para que el producto frague en piezas con gruesos de 40 mm. Los sistemas de prensado con inyección de vapor y de alta frecuencia ( HF ) permitirán reducir los tiempos de prensado.

Los productos de LVL se han utilizado hasta ahora principalmente para aplicaciones estructurales. El crecimiento más importante se ha producido en el desarrollo de los procesos de producción para el corte del LVL en productos utilizados por las carpinterías.

Estos productos se elaboran con adhesivos incoloros de tal forma que es difícil distinguir los productos de carpintería de LVL y los de madera sólida. Próximamente se construirá en el estado de Virginia una fábrica que elaborará estos productos. Las nuevas barras de presión son capaces de desenrollar chapas de mayores gruesos. De esta forma se necesitarán pocas líneas de cola para estos productos de LVL ( Pallman 1.990 ).

El desarrollo de los tableros y de la madera aserrada COM - PLY ( R ) se ha ido incrementando durante los años ( Koenigshof 1.983 ). La madera aserrada COM-PLY es un material compuesto de virutas o partículas de madera orientadas colocadas al azar entre una o más capas de chapas de madera, en forma de sandwich. Estos tableros se describieron anteriormente. Su producción comenzó a mediados de los 70. Una fábrica especializada en madera aserrada COM-PLY esta operando en North Carolina ( Post 1.990 b ). Esta fábrica elabora un producto con las virutas orientadas, el cuál se corta a los anchos deseados para la fabricación de los materiales compuestos de madera aserrada. Las chapas de madera se laminan sobre cada cara del tablero de virutas para conseguir las viguetas COM - PLY ( truss lumber ). La chapa está orientada paralelamente a la dirección longitudinal de la madera aserrada. Se pueden utilizar diferentes capas de chapas dependiendo de los anchos de las vigas de madera aserrada. Este producto esta enfocado para el mercado de vigas de celosía donde se requieren elementos de madera aserrada con una resistencia asegurada y para el mercado de joist ( vigas, cerchas ) donde se requieren elementos largos y derechos.

Parallam o PSL es un desarrollo de MacMillan Bloedel Ltd de Canada. Muchos años de investigación y desarrollo han propiciado una planta piloto para la producción de PSL. Este material esta compuesto de tiras de madera ( strand ) orientadas obtenidas de desperdicios de chapas de coníferas, en esa planta piloto las dimensiones de las tiras son de 12 mm de ancho con una longitud que puede llegar hasta 1 m. Las tiras se encolan con los mismos adhesivos utilizados para los tableros contrachapados de uso exterior. Las tiras se orientan, se colocan sobre una manta y se prensan en una prensa continua. Para permitir la fabricación de estas piezas se inventó un sistema de calefacción del tipo microondas. La pieza de madera se sierra a las longitudes, anchos y gruesos deseados. El PSL resultante es de una calidad muy alta y se ha diseñado para utilizarse en donde se requiere una elevada resistencia para la madera o para los materiales a base de madera ( Parker 1.987 ).

Actualmente están funcionando dos fábricas en Georgia, Estados Unidos, y Vancouver, B.C. Canada. Las chapas se desenrollan en longitudes estándares de 2,5 m y se cortan en tiras ( strips ) de 12 mm de ancho, que son las que se utilizan específicamente en esa fábrica ( McCafferty 1.990 ). Las dimensiones comerciales de las piezas de madera son de 279 por 406 mm y de 279 por 356 mm.

El **scrimber** es un desarrollo australiano para la producción de madera aserrada. " Scrim " es un término de la industria textil que significa fibras ligeramente entretrejidas, el término **ber** en la palabra **scrimber** proviene de tim-ber. Los troncos pequeños se trituran entre rodillos, se les aplica cola, y la manta orientada del material se consolida en madera mediante una prensa de calor ( McCafferty 1.990 ). Este proceso se guarda con gran secreto. La primera planta comercial ha empezado a fabricar hace muy poco tiempo ( Scholas 1.990 ). Los japoneses han desarrollado un producto similar llamado Zephyr wood, que se está preparando para su comercialización ( Kikata 1.990 ).

MacMillan Bloedel ha avanzado en el desarrollo de un producto de madera llamado PSL 3.000. Está constituido por tiras de madera orientadas, las tiras tienen una longitud de 300 mm. La madera se prensa en prensas con inyección de vapor para conseguir un producto con una densidad uniforme. Se consiguen tiempos de prensado cortos utilizando sistemas de prensado con inyección de vapor ( Anónimo 1.990 ). Esta nueva fábrica se está construyendo en Minesota. El producto está enfocado para ventanas y cercos de madera. El producto final estará recubierto con vinilo, otros plásticos o chapas de madera.

Algunos fabricantes de OSB están considerando la posibilidad de fabricar OSL. El OSL esta luchando para entrar en el mercado convencional de madera aserrada. Todavía tienen que medirse sus propiedades resistentes y asignarse los correspondientes valores de diseño. Esto llevará considerable tiempo y esfuerzo, aunque ya se ha empezado a trabajar todo parece indicar que el OSL será cada vez más necesario en el futuro. Weyerhaeuser ha fabricado productos OSL para el mercado del mueble.

Actualmente se está fabricando un producto de madera con el nombre de Cedrite, que es una traviesa de ferrocarril obtenida de reciclaje de traviesas antiguas. Este producto que se había inventado en los 70 ( Potter ) se está fabricando en una planta diseñada para producir 1.600 traviesas/día. Las traviesas viejas se astillan y se eliminan las partes metálicas, las astillas que han pasado por los molinos trituradores, de martillo, se encolan con resina para la preparación del producto. Las materias primas encoladas se colocan en moldes metálicos y se colocan unos nervios de madera de frondosas en el centro de las mantas. Estas mantas tienen una altura aproximada de 760 mm antes de comprimirse, el grueso final es de 180 mm. Una vez que la manta se ha comprimido dentro del molde se asegura una plancha superior sobre la manta comprimida. El molde se introduce entonces en un horno para que frague la resina ( Stevenson 1.990 )

## 5.- COMPONENTES

Los Componentes ( productos de madera encolados, clavados, atornillados o unidos con pernios ) se han convertido en los elementos más importantes de las construcciones de madera. Este hecho se ha producido recientemente y se consolidará en el futuro. Los componentes pueden realizarse o fabricarse en fábrica con niveles de calidad elevados y colocarse rápidamente en obra o en los sitios requeridos. Las casas construidas con tableros ( en este caso componentes para paredes, tabiques y techos que contienen aislantes, barreras de vapor, ... etc ) suponen el 32 % del mercado de nuevas casas ( Automated Builder 1.990 ). Las casas construidas con piezas de madera constituyen solamente el 50 % cuando no hace mucho tiempo este tipo de casas constituían la parte más importante del mercado.

El mayor avance que se ha producido en los componentes han sido en las " truss " ( cerchas o vigas de celosía ). Desde 1.975 el mercado de casa de los Estados Unidos ha evolucionado desde aproximadamente el 6 % de las casas construidas con cerchas hasta sobrepasar el 90 % actual. Este incremento se ha producido





porque los ordenadores han facilitado la fabricación de cerchas para distintas aplicaciones y porque utilizaron una política de mercado muy agresiva. Se pueden fabricar con LVL y tubos metálicos de refuerzo para cubrir grandes luces como en el estadio cubierto de la Universidad de Idaho ( la cúpula Kibbie).

Las vigas o las viguetas I son un producto muy importante en los Estados Unidos. Estas viguetas están diseñadas para utilizar la mínima cantidad de materiales utilizando combinaciones de madera aserrada, LVL, tablero contrachapado y OSB. Estas vigas o viguetas son productos encolados.

Los componentes se fabrican con una gran cantidad de materiales de madera aserrada del viejo estilo y con nuevos composites. La utilización de materiales de madera abre nuevas oportunidades para los productos derivados de la madera. La rápida disminución del número y de la calidad de los carpinteros provocará el incremento de las construcciones con componentes.

Un nuevo tipo de componente que todavía no ha tenido éxito es el **Triboard** de Nueva Zelanda. Básicamente el producto es un tablero de virutas entre dos capas de MDF en forma de sandwich. El tablero típico tiene un grueso de 50 mm con las dos caras de MDF de 4 mm y un centro de 42 mm a base de virutas. El producto se fabrica en una prensa de inyección de vapor, con unas dimensiones de prensa de 4 por 2,4 m ( Moore 1.988 ). Parece que todavía no existe un mercado para este producto.

## 6.-ADHESIVOS, LIGANTES Y RESINAS

Los tableros contrachapados de frondosas dependen de las colas de urea formaldehído como adhesivo básico, debido principalmente a su coste y a su incoloridad natural. Como es sabido el ratio molécula gramo ( mol ) de la resina de urea formaldehído se ha reducido bastante para disminuir los problemas de emisión. Esto ha originado algunos problemas en la producción, principalmente provocados por los cambios que se producen en las propiedades de trabajo de la resina. Para superar estos problemas, del 5 al 20 % de la resina de urea formaldehído, se ha sustituido por adhesivos de acetato de polivinilo. Esta mezcla funciona bien en los viejos equipos de las fábricas, ya que los tiempos de fraguado en las prensas son prácticamente los mismos y permiten un mayor margen para controlar los errores, como puede ocurrir con las colas de urea formol ( Groah 1.986 ).

Existen otros sistemas de encolados como son las emulsiones de polímeros de isocianatos ( EPI ) libres de formaldehído. Este adhesivo se está utilizando en la fabricación de tableros estructurales, puertas, tableros recubiertos con metales y tableros especiales ( Luckman y Paget 1.983 ). Sin embargo siempre que se puedan utilizar las colas de formaldehído estas se seguirán utilizando debido a su bajo coste.

Las emisiones de formaldehído se han reducido en gran medida

para poder cumplir las normas establecidas recientemente en muchos países. Se pueden utilizar aditivos para reducir las emisiones. Para eliminar el formaldehído libre se pueden utilizar productos a base de amoníaco inmediatamente después del prensado. Estos sistemas o productos se utilizan ya en muchos países. Las reducciones de la emisión de formaldehído todavía continúan aunque las restricciones más significativas se han producido a partir de 1.980. Los trabajos recientes de Sundia ( 1.990 ) han demostrado que los tableros con un valor de 2,6 mg/100 g por el método del perforador es mucho más bajo que el límite E1 de 8 mg/100 g.

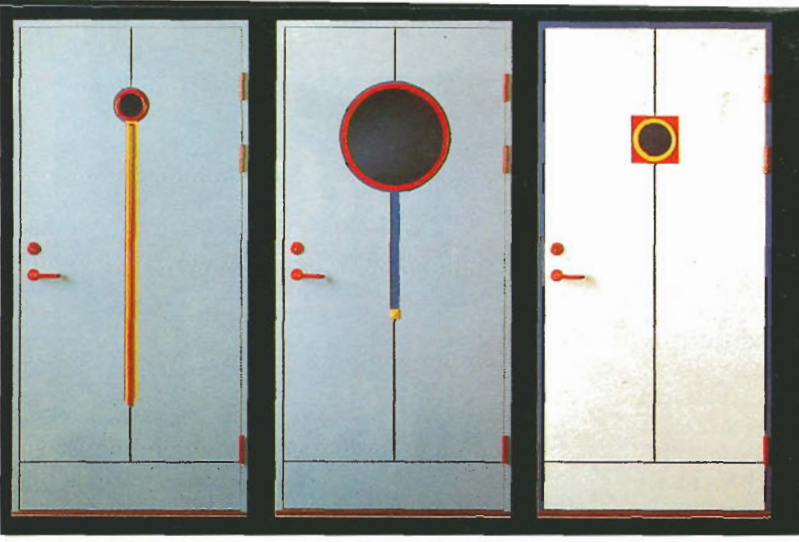
El isocianato se ha utilizado en la industria de tableros de partículas durante muchos años, normalmente como un sustituto para las resinas fenólicas y melamínicas. Y también se ha utilizado o en combinación con ellas. Se ha utilizado en la fabricación de muebles cuando se necesitaban tableros sin ninguna emisión de formaldehído ( Ball 1.981, Ellingson 1.985 ).

En Canadá y en los Estados Unidos han empezado a utilizarse las resinas de isocianato. Se están fabricando tableros OSB encolados con isocianatos en Canadá. Louisiana Pacific Corporation, y en los Estados Unidos tableros encolados con isocianato para la fabricación de recubrimiento de paredes. Este producto se recubre con un papel estampado impregnado de resina y tiene sus cantos pintados para evitar absorciones de agua de lluvia. Esto elimina los problemas de la adhesión del isocianato a los platos de la prensa y a las chapas metálicas que distribuyen uniformemente la presión. La velocidad de fraguado es más rápida al utilizar el isocianato. Existen informaciones de nuevas resinas fenólicas que tienen las mismas velocidades de fraguado que el isocianato.

Todas las resinas y adhesivos de los que estamos hablando provienen de los gases naturales y/o de los derivados del petróleo. Se están desarrollando con un alto nivel de calidad los adhesivos a base de taninos, principalmente los obtenidos de las mimosas. Este esfuerzo ha tenido éxito particularmente en Sudafrica, Australia y el Sudeste Asiático. También se están utilizando con éxito en Brasil y otros países pero los mayores logros se han obtenido con adhesivos basados en los taninos de las mimosas.

Se han desarrollado investigaciones prometedoras sobre la modificación química de la superficie de la madera ( flakes y fibra ) para mejorar el encolado de adhesivos. Las propiedades mecánicas muestran una fuerte relación con los tratamientos químicos, pero todavía no se ha podido encontrar una explicación científica ( Johns, Myers y Motter 1.987 ).

Durante muchos años los trabajos se han dirigido sobre la producción de composites sin ligantes. Los tableros de fibras duros - proceso húmedo se fabrican y pueden fabricarse sin ligantes. Sin embargo, al aplicar esta tecnología se obtienen productos con elevadas densidades. Shen ( 1.988 ) ha trabajado considerablemente en este campo. Las técnicas de autoencolado obtienen productos de la clase exterior al utilizar sistemas de termohidrólisis



mente : suministrar al cliente productos a medida, preparados para su uso y de alguna forma acabados. Los acabados incluyen : pinturas, films, tableros impresos, recubrimientos de diferentes tipos ( papel, vinilo, laminados de alta densidad, melaminas de densidad media, fenólicas,... etc). Es muy difícil competir en este tipo de mercado y se necesita una gran planificación antes de entrar

## 8.-CONCLUSIONES

Muchas cosas han sucedido en los " composites " durante los últimos 40 años. Estos materiales se están fabricando en cantidades que antes eran impensables.

La posición de los composites, como parte de la industria forestal, es la del suministro de materiales económicos y necesarios para la construcción y otros materiales para la sociedad mundial. Los composites han sido responsables de un mayor uso de materias primas de madera, y esta tendencia debería incrementarse. La alta tecnología hace posible suministrar composites con precios razonables. Los procesos de control se han desarrollado de tal forma que pueden ser utilizados y puestos en servicio a precios económicos en cualquier país.

El desafío para la industria de composites no radica en el hecho de desarrollar nuevos productos que reemplacen a los viejos productos, madera maciza, sino desarrollar productos que reemplacen a los materiales fabricados con materiales no renovables. Estos desarrollos son cruciales para conseguir o incrementar los estándares de calidad de vida en el siglo XXI.

que actuarán químicamente sobre la celulosa, la lignina y hemicelulosa de la madera. Se han realizado ensayos con éxito en diversos países. Las desventajas del proceso incluyen el color más oscuro de los tableros, la necesidad de altas presiones de vapor, y la posibilidad de que el tablero se adhiera a los platos de la prensa.

Se siguen realizando muchos esfuerzos de investigación con adhesivos desarrollados con lignina e hidratos de carbono. Estas investigaciones son muy importantes ya que se necesitan nuevos sistemas de encolado, particularmente si los precios del petróleo y del gas se incrementan nuevamente, como se espera. También debería recordarse que la tecnología de colas de proteínas animales y vegetales desarrolladas en los años 30 y 40 todavía está en uso. Se han utilizado durante muchos años técnicas o sistemas de encolado para exterior y para interior tanto en prensado en caliente como en frío. Indudablemente las mayores mejoras se han debido a los aportaciones científicas desde 1.960, cuando se reemplazaron casi todos los adhesivos a base de proteínas (Lambuth 1.985).

Los problemas de encolados eficientes utilizando mezclas de especies todavía están sin resolver. Se necesita investigar más para encontrar su solución, particularmente en aquellos países que tienen mezclas de especies, sin posibilidad de separarlas.

## 7.- VALOR AÑADIDO DE LOS PRODUCTOS

Existe una gran competencia para todos los productos composites. Muchas compañías han seguido la estrategia o la política del valor añadido para poder sobrevivir. Ha sido costoso pero ha sido necesario.

Existen diferentes posibilidades para lograrlo. Uno es suministrar a los clientes los productos que deseen. Otro es desarrollar nuevos productos y educar al cliente en cómo utilizarlos, lo que requiere realizar estudios de mercado para conocer esos nuevos productos.

La fabricación de productos de valor añadido cubre principal-