



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> 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

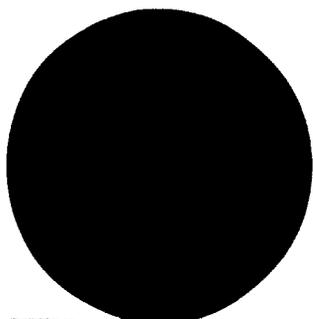
Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

# **FUNCION DE LA MADERA COMO MATERIAL DE EMBALAJE EN LOS PAISES EN DESARROLLO**



**NACIONES UNIDAS**

**FUNCION DE LA MADERA  
COMO MATERIAL  
DE EMBALAJE EN LOS PAISES  
EN DESARROLLO**

**ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL  
VIENA**

**FUNCION DE LA MADERA  
COMO MATERIAL  
DE EMBALAJE EN LOS PAISES  
EN DESARROLLO**



**NACIONES UNIDAS**  
Nueva York, 1973

El material contenido en la presente publicación puede citarse o reproducirse sin restricciones, siempre que se indique el origen y se remita a la Secretaría un ejemplar de la obra en que aparezca.

ID/72

**PUBLICACION DE LAS NACIONES UNIDAS**

**Núm. de venta: S.72.II.B.12**

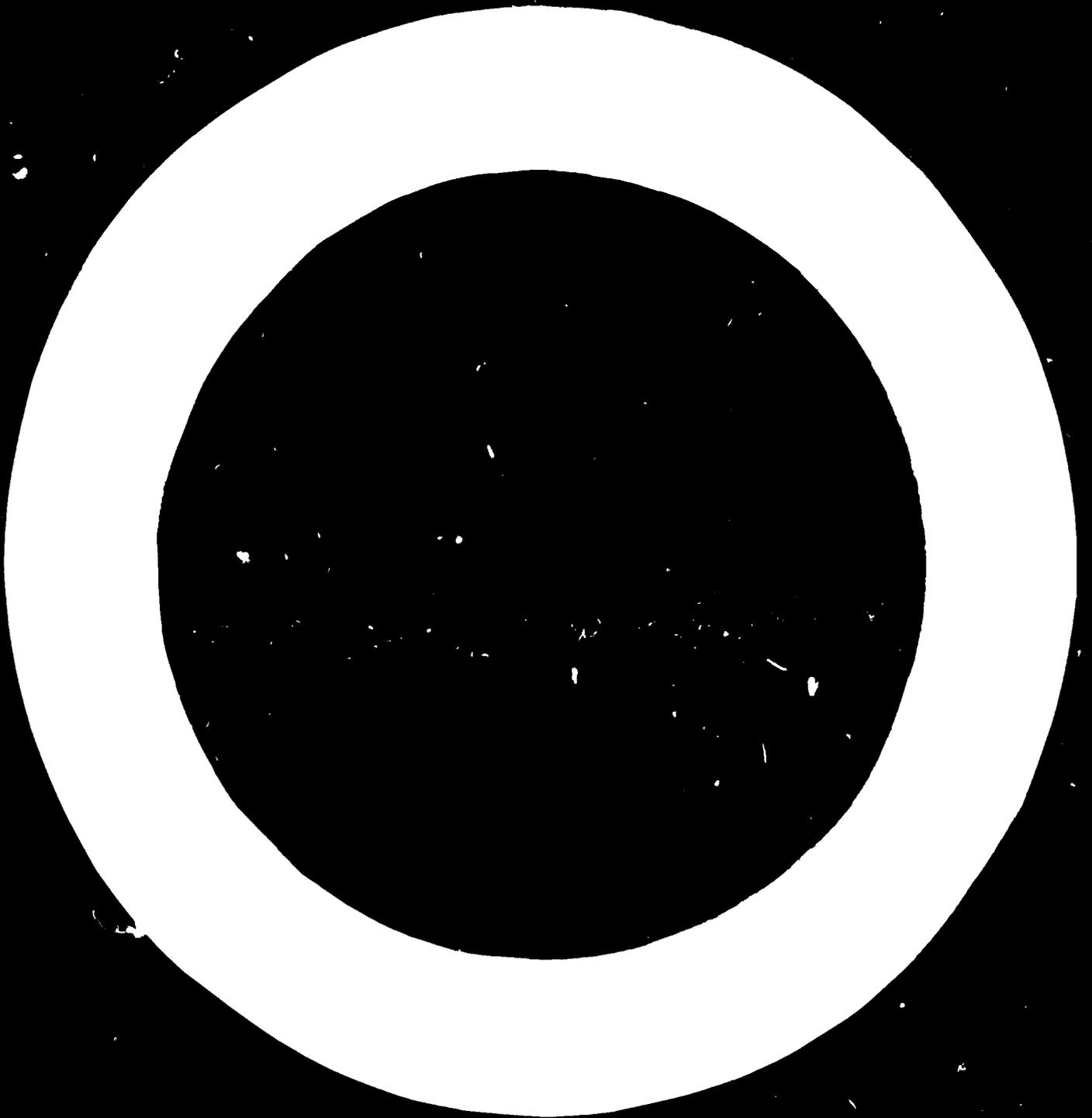
**Precio: \$2,00 (EE.UU.)**

**(o su equivalente en la moneda del país)**

## *Prefacio*

En cualquier país, el desarrollo industrial origina un aumento de la producción de bienes de consumo, y, sobre todo, de las actividades de transporte de esos bienes a los mercados nacionales y extranjeros. A medida que ese desarrollo se intensifica, los bienes se envían a más largas distancias, con lo que cobra mayor importancia su transporte, y, por ende, su embalaje.

El presente estudio, que trata de los diversos tipos de recipientes de madera hoy en día disponibles, y de sus usos, es obra del Sr. Bernard Hochart, que actuó como consultor de la ONUDI. En la fecha de la preparación del estudio, el Sr. Hochart dirigía los departamentos de Embalaje y Agricultura del Centre Technique du Bois, radicado en París. En la actualidad, el Sr. Hochart es jefe de la Sección de Industrias de la Madera y del Mueble, de dicho centro. Las opiniones que el consultor expresa en esta publicación no reflejan necesariamente las de la secretaría de la ONUDI.



# INDICE

	<i>Página</i>
<i>Capítulo 1</i> NOVEDADES EN LA ESFERA DEL EMBALAJE . . . . .	1
<i>Capítulo 2</i> CARACTERISTICAS DE LAS ESPECIES UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DEL EMBALAJE . . . . .	8
<i>Capítulo 3</i> TIPOS DE EMBALAJES DE MADERA . . . . .	15
<i>Capítulo 4</i> NORMALIZACION, ENSAYOS DE LABORATORIO Y CON- TROL DE CALIDAD . . . . .	53
<i>Capítulo 5</i> FABRICACION . . . . .	68
<i>Capítulo 6</i> REGLAMENTOS INTERNACIONALES, ACTIVIDADES IN- TERNACIONALES Y DOCUMENTACION . . . . .	94
<i>Capítulo 7</i> TENDENCIAS EN EL EMPLEO DE LA MADERA PARA EMBALAJES EN PAISES EN DESARROLLO . . . . .	98
<i>Anexo</i> LISTA DE LABORATORIOS DE INVESTIGACION . . . . .	109
<i>Bibliografía escogida</i> . . . . .	111

## **NOTAS EXPLICATIVAS**

Por "dólares" se entiende dólares de los Estados Unidos.  
Por "toneladas" se entiende toneladas métricas.

### **Abreviaturas**

<b>CEPE</b>	<b>Comisión Económica para Europa</b>
<b>ISO</b>	<b>Organización Internacional de Normalización</b>
<b>OCDE</b>	<b>Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos</b>

## **NOVEDADES EN LA ESFERA DEL EMBALAJE**

La función primordial del embalaje es la de permitir que los productos a que se aplica se almacenen, transporten y conserven en el mejor estado posible. Otras funciones del embalaje son la de hacer posible que esos productos se vendan, en cantidades convenientes, en el comercio al por menor; y la de anunciarlos en los lugares de venta, particularmente en las tiendas de autoservicio. En su mayor parte, los materiales de madera aplicables al embalaje suelen utilizarse para la primera función del embalaje (embalaje de almacenamiento o transporte, llamado también embalaje secundario), pues no se adaptan tan bien para las demás funciones (embalaje para venta al por menor o publicitario, llamado también embalaje primario o, con frecuencia, envasado). A los efectos del trabajo, las expresiones "embalaje", "embalar", etc. se entenderán referidas conjuntamente a ambos tipos de embalaje, salvo que en el texto se indique claramente otra cosa.

La madera se viene utilizando en el embalaje de productos para su transporte desde los tiempos más remotos; se tienen noticias de este uso que se remontan a la época de los faraones, hace unos cuatro mil años. Paradójicamente, la dilatada tradición de la madera como material de embalaje puede ser, hoy, un inconveniente, ya que no puede acogerse a la opinión favorable que forman muchas personas, por prurito de modernismo, cuando se les presenta cualquier novedad. En muchos casos, se considera que el embalaje de madera está anticuado, que ha sido eclipsado por los embalajes de otros materiales competitivos, como el cartón, los metales o los plásticos. Con todo, el embalaje con madera se ha desarrollado considerablemente, y pueden utilizarse cajas de madera de muy diversos tipos para embalar productos de todas clases y expedirlos por cualquier medio de transporte.

El desarrollo del uso de la madera para el embalaje depende, naturalmente, del grado de industrialización de un país, pero también de la magnitud de sus recursos forestales.

Considerando el campo del embalaje en su totalidad —es decir, incluyendo el envasado de productos para su venta al por menor— se observará que el porcentaje que corresponde a la madera ha disminuido mucho, porque nuevas técnicas de presentación y de preenvasado han conducido al uso de nuevos materiales, debido sobre todo a que la venta de productos envasados ha reemplazado a la de productos a granel. Así pues, en los países industrializados, la proporción del valor total de los materiales de envasado que corresponde a la madera oscila entre el 6 y el 12%. En cambio, la proporción que corresponde a la madera en la esfera del embalaje de transporte representa, según el país de que se trate, entre un tercio y una mitad del valor total de los materiales de embalaje. Este punto tiene gran importancia. Si bien el índice de aumento del uso de jaulas de madera es inferior al de la mayoría de los materiales competitivos, ello se debe primordialmente al aumento de esas otras

funciones del embalaje a que ya nos hemos referido. Los materiales de madera para embalaje siguen siendo necesarios para el almacenamiento y transporte de mercancías y constituyen, pues, un elemento esencial del desarrollo.

Muchos problemas de embalaje que se plantean en los países en desarrollo en relación con el transporte de productos agrícolas dentro del mercado nacional y con la exportación de productos agrícolas o de manufacturas se vienen resolviendo satisfactoriamente mediante el uso de la madera —independientemente del grado de industrialización del país— pues la fabricación de jaulas de madera puede progresar de la fase artesanal a la industrial y adaptarse continuamente a las necesidades del país.

En la agricultura, el sector constituido por las frutas, legumbres y hortalizas es importante. Para su transporte, estos productos se embalan en recipientes de madera y de cartón. De la proporción en que estos dos materiales se reparten esa aplicación en diversos países, y en la región Latinoamericana considerada en su conjunto, dan idea las cifras que figuran a continuación:

	<i>Madera</i>	<i>Cartón</i>
	%	%
América Latina	95	5
Argelia	100	0
Australia	60	40
Bélgica	80	20
Bulgaria	95	5
Estados Unidos	50	50
Francia	90	10
Grecia	90	10
Israel	80	20
Italia	90	10
Marruecos	95	5
Nueva Zelandia	60	40
Países Bajos	50	50
Reino Unido	60	40
Sudáfrica	60	40
Suiza	100	0
Túnez	95	5
Turquía	95	5
Yugoslavia	98	2

Cuando los productos se transportan por mar en cargueros orginarios, el 50—80% llevan embalaje de madera.

Las jaulas clavadas de tamaño mediano, construidas con madera aserrada, y con capacidad inferior a un metro cúbico, se están sustituyendo por los siguientes tipos de embalaje:

- a) Embalajes ligeros fabricados de chapas rebanadas o desarrolladas y engrapilladas (especialmente utilizadas para productos agrícolas);
- b) Cajas armadas, consistentes en chapas desarrolladas montadas y reforzadas con alambres engrapillados (utilizadas para productos agrícolas, cítricos especialmente, y productos industriales);

- c) Grandes jaulas o cajas cuyo grado de utilización depende de las instalaciones de manutención disponibles.

A medida que avanza el desarrollo industrial de un país, se ha de recurrir a los siguientes métodos de embalaje:

- a) Paletización;
- b) Containerización (empleo de contenedores);
- c) Desarrollo y empleo de embalajes desechables.

### Paletización

Se denomina paletización al sistema de almacenaje o transporte de mercancías mediante el empleo de paletas. Este sistema permite apilar diversos embalajes sobre un elemento llamado paleta, con la que puede manipularse un peso considerable (aproximadamente una tonelada) en una sola operación, en lugar de tener que manipular los embalajes uno a uno. La paletización resulta fácil cuando los artículos han de guardarse y manipularse en almacenes, pues éstos pueden proyectarse y equiparse a tal fin. Los tipos y las dimensiones de las paletas pueden adaptarse a los embalajes y productos que hayan de paletizarse, o viceversa. También cabe adaptar a las necesidades el equipo de manutención apropiado (carretillas de horquilla elevadora, transpaletas). En estas condiciones, la rentabilidad de la inversión puede calcularse con bastante facilidad, lo que beneficia directamente a la empresa inversionista.

La paletización, y el cálculo de su rentabilidad, resultan mucho más difíciles, sin embargo, en las operaciones de transporte. La paletización aplicada al transporte permite trasladar productos, en grandes unidades de carga, desde el lugar de producción al lugar de consumo, y en este transporte global consiste la principal ventaja de la paletización. No obstante, en todas las fases debe de haber una perfecta compatibilidad entre las cargas paletizadas y las instalaciones de manutención.

Las paletas utilizadas deben adaptarse bien a los vagones, camiones y buques en que hayan de transportarse, y éstos, a su vez, deben reunir las condiciones apropiadas: los suelos deben ser suficientemente resistentes para soportar las carretillas de horquilla elevadora, y debe ser posible la entrada de éstos en los vehículos o descargar las paletas desde el suelo.

Los embalajes deben adaptarse al tipo y al tamaño de las paletas. Las dimensiones de los embalajes deben ser submúltiplos de las dimensiones de las paletas. Aunque es relativamente fácil determinar el tamaño de los embalajes paletizables para productos pequeños, tales como frutas, legumbres y hortalizas, resulta mucho más difícil hacerlo en el caso de productos industriales voluminosos. Los embalajes para estos productos deben diseñarse de manera que puedan soportar esfuerzos de tipo diferente a los que soportan los embalajes pequeños. En lugar de los golpes a que éstos se hallan expuestos por una posible caída hay que considerar, en el caso de los embalajes grandes, los esfuerzos de compresión resultantes del apilamiento: por esta razón los embalajes pueden ser más ligeros en un sentido, pero deben tener una mayor resistencia al aplastamiento.

Todos los eslabones de la cadena de distribución deben estar dotados de instalaciones de carga, almacenamiento y manutención que permitan el transporte, y sobre todo la manutención de cargas paletizadas. Por tanto, debe preverse una

considerable inversión para que las cargas paletizadas puedan enviarse de un extremo a otro de la cadena sin necesidad de subdividirlas.

Es evidente que si, al efectuar la entrega, los embalajes hubieran de descargarse uno por uno, el transporte de productos mediante paletas sólo entrañaría desventajas a causa del peso muerto, la pérdida de espacio, etc. Esta situación podría darse porque la inversión necesaria en cada uno de los eslabones de la cadena comercial no es forzosamente proporcional a las ventajas que ese eslabón puede obtener de ella. Por tanto, quizá no interese la paletización en uno de los eslabones si la inversión que entraña es mayor que las ventajas que probablemente reporte a dicho eslabón. En este caso, la cadena podría romperse, reduciéndose con ello las ventajas de la paletización para otros eslabones. Por consiguiente, debe prepararse un plan general que abarque la normalización de los vehículos, las paletas, los embalajes, etc., así como la financiación de los costos, que deben correr, total o parcialmente, por cuenta de los organismos públicos, o repartirse entre los sectores comerciales interesados. Más tarde o más temprano, la paletización llegará a ser necesaria, por lo que es esencial proyectarla de antemano y adoptar las medidas necesarias para que tenga éxito.

A continuación se describen cuatro sistemas posibles de paletización:

- a) Sistema de paletas desechables, que se destruyen al llegar los productos a su destino. Este sistema puede adoptarse para las exportaciones. Para el mercado nacional, el empleo de paletas desechables plantea el mismo problema que los embalajes desechables, de los que se hablará más adelante.
- b) Sistema de paletas reutilizables pertenecientes a determinada empresa. Este sistema permite colocar en el mercado una cantidad suficiente de paletas que se ajusten exactamente a las necesidades de la empresa y mantener un control relativamente fácil de su utilización y devolución. Sin embargo, este sistema dificulta la normalización de las paletas y plantea problemas de almacenamiento a causa de la gran variedad de paletas en uso que deben clasificarse antes de que puedan ser devueltas. La devolución de las paletas vacías, característica de este sistema, supone un aumento de los costos.
- c) Sistema de paletas reutilizables propiedad común de varios usuarios o grupos de usuarios. Este sistema, que supone el establecimiento de varios grupos de servicios mancomunados, permite cierto grado de normalización; pero entraña el peligro de que, a causa de la especialización de los grupos, aumenten las dificultades que plantea el tener que servirse de paletas de propiedad privada y de paletas de un grupo nacional.
- d) Utilización común de paletas a nivel nacional mediante el establecimiento de un solo centro. Se trata de elegir un modelo (o acaso dos) de paletas de dimensiones y características de fabricación exactamente definidas. Cada miembro del centro adquiere determinado número de paletas, según sus necesidades (tonelajes almacenados y expedidos).

A la recepción de estas paletas, un representante del centro comprueba si se ajustan a las especificaciones. Cuando un usuario expide varias paletas con un envío, recibe a su vez un número equivalente de las mismas. Al llegar a su destino las paletas propiedad del usuario, son transferidas, vacías, a otro usuario. Este sistema permite la normalización de las paletas a nivel nacional, con lo que se simplifican las operaciones, se obtiene una máxima rentabilidad de las inversiones y se elimina la necesidad de clasificar y

Devolver las paletas vacías a sus propietarios. Este sistema presupone la existencia de un órgano administrativo central, que puede ser una empresa de transportes o un departamento estatal. Por otra parte, surgirán dificultades en cuanto al control de las existencias y al movimiento de las paletas, y para evitar la completa desaparición de éstas deberán emplearse máquinas de contabilidad muy perfeccionadas.

### Containerización

Se denomina containerización al embalaje de productos en contenedores, lo que permite enviarlos por uno o más medios de transporte y sin tener que dividir la carga. El contenedor es una unidad de embalaje permanente, por lo que debe tener suficiente resistencia para que pueda ser utilizado repetidamente. Va equipado de diversos accesorios para facilitar su manipulación, especialmente cuando haya de ser trasladado de un medio de transporte a otro, y está concebido de forma que pueda llenarse y vaciarse con facilidad. Su volumen interno debe ser de  $1 \text{ m}^3$  por lo menos.

Los contenedores más frecuentemente utilizados a nivel internacional se ajustan a las recomendaciones de la Organización Internacional de Normalización (ISO), y poseen las siguientes características:

Altura:	8 pies (2,44 m)		
Anchura:	8 pies (2,44 m)		
Longitud:	40 pies (12,19 m)	30 pies (9,14 m)	20 pies (6,10 m)
Peso bruto máximo:	30 toneladas	25 toneladas	20 toneladas

La containerización es, indudablemente, un fenómeno mundial irreversible, pero que requiere, incluso en mayor grado que la paletización, decisiones al más alto nivel nacional e inversiones iniciales simultáneas sumamente importantes. Todo debe concebirse en función del contenedor: los buques, los muelles, las grúas, los vagones o camiones y los almacenes. El costo de un contenedor es de 1.000 a 4.000 dólares y de 400.000 a un millón de dólares el de una grúa de muelle para la manipulación de contenedores.

Para justificar las inversiones que entraña la containerización, el tonelaje de productos transportados debe ser suficientemente alto, y las inversiones han de concentrarse en unos cuantos puertos bien elegidos. Se calcula que para 1975 se expedirán en contenedores más del 80% de los productos embalados que se transportan a través del Atlántico Norte. Pero los contenedores solamente pueden ser rentables si el tráfico de mercancías es regular y equilibrado, es decir, si el tonelaje de mercancías embaladas expedidas por vía marítima corresponde aproximadamente al tonelaje de mercancías embaladas recibidas.

La containerización se abrirá paso, sin duda alguna, en el comercio internacional de los países en desarrollo, pero las inversiones tendrán que hacerse de manera muy gradual; la containerización sólo podrá hacerse extensiva muy lentamente al mercado nacional.

El empleo de contenedores entrañará diversas modificaciones en el sector del embalaje. En primer lugar, los contenedores devueltos deberán destinarse a productos que anteriormente se transportaban a granel. En segundo lugar, para aprovechar al

máximo la capacidad de los contenedores se emplearán preferentemente aquellos tipos de embalaje cuyo volumen útil sea lo mayor posible con relación al volumen total (es decir, de cajas de cartón o cajas de madera armadas).

### Desarrollo y empleo de embalajes desechables

Contrariamente al embalaje reutilizable, con suficiente resistencia y durabilidad para un empleo repetido, el embalaje destinado a servir una sola vez sólo necesita ser lo bastante resistente para que su contenido llegue al punto de destino en buenas condiciones, tras lo cual el embalaje se desecha.

Por lo que se refiere al comercio de exportación, prácticamente no se plantea el problema de decidir qué tipo de embalaje utilizar, dada la poca probabilidad de que el embalaje expedido, sea devuelto por los elevados costos y las dificultades que su recuperación entrañaría. En el mercado interior sí que se plantea, en cambio, el problema de optar entre los embalajes desechables y los embalajes reutilizables.

El empleo de embalajes desechables tiene algunas ventajas indudables: son nuevos y, por lo tanto, higiénicos (cosa importante en el caso de productos perecederos); protegen bien a los productos durante el transporte; y facilitan considerablemente las operaciones comerciales. No obstante, su precio debe amortizarse en un solo viaje, y es evidente que el costo de fabricación de un embalaje no aumenta en proporción al número de veces que puede utilizarse. El empleo de embalajes desechables permite calcular con certeza la fracción del precio final de venta que representa el costo del embalaje.

Salvo la primera vez que se utilice, el embalaje debe considerarse "usado", y debería comprobarse su buen estado cada vez que volviera a utilizarse. Esto, naturalmente, jamás se hace en la práctica. Incluso en el caso de que pudieran efectuarse dichas comprobaciones, resultaría prácticamente imposible limpiar esos embalajes. Los embalajes reutilizables se ensucian y se deslucen rápidamente, y su aspecto poco atractivo afecta desfavorablemente a la presentación de los productos embalados en ellos. Estos embalajes están sujetos al desgaste, y deben repararse antes de que se estropeen tanto que haya que desecharlos. Se ha calculado que el coste de reparación de un embalaje puede llegar a ser igual a su costo inicial. Este problema de la reparación suele ser causa de conflictos y litigios entre los sucesivos usuarios de los embalajes. Sin embargo, los embalajes reutilizables tienen la indiscutible ventaja de que pueden amortizarse al cabo de varias expediciones, aunque no hay que olvidar que han de recuperarse y devolverse a los distintos usuarios.

Se ha intentado muchas veces determinar el costo comparativo de los embalajes reutilizables y de los embalajes desechables, pero todo cálculo de esta índole es sumamente teórico, dada la imposibilidad de obtener en la práctica cifras exactas. El costo de un embalaje desechable puede calcularse con bastante exactitud; pero esto es imposible en el caso de los embalajes reutilizables, por no poderse determinar el costo de las operaciones de clasificación, expedición y devolución, el costo de las pérdidas de embalajes, etc. Es un hecho, sin embargo, que:

- a) El empleo de embalajes reutilizables todavía es frecuente, incluso en los países más industrializados, para el transporte de productos en un circuito comercial cerrado, es decir, transportes entre fábricas pertenecientes a un mismo grupo o entre empresas comercialmente vinculadas.

b) El desarrollo del empleo de embalajes desechables está directamente relacionado con el nivel del producto interno bruto por habitante. Los embalajes desechables se emplean, por lo general, en países cuyo producto interno bruto por habitante es superior a 1.200 dólares, mientras que los embalajes reutilizables constituyen casi la regla general en aquellos países cuyo producto interno bruto por habitante es inferior a 500 dólares. En países cuyo producto interno bruto por habitante varía entre 500 y 1.200 dólares, se tiende a emplear cada vez más los embalajes desechables, a medida que aumenta el nivel de dicho producto. La transición del empleo de embalajes reutilizables al de embalajes desechables se produce, en cierto grado, a expensas de los embalajes de madera, por fabricarse de ésta casi el 100% de los embalajes reutilizables, mientras que sólo un 20% o un 30% de los embalajes desechables empleados en el mercado nacional son de madera. Sin embargo, como el pasar a utilizar embalajes desechables también significa un mayor empleo de los embalajes de madera desechables, el número total de embalajes de madera aumenta en consecuencia.

Es, pues, evidente la importancia de los embalajes de madera en los países en desarrollo, por ser los que se emplean para el transporte de productos durante el período de desarrollo y porque contribuyen a éste al permitir un aumento de los intercambios comerciales. Además, los embalajes de madera pueden utilizarse tanto para la exportación de productos agrícolas como de productos manufacturados.

## Capítulo 2

# CARACTERISTICAS DE LAS ESPECIES UTILIZADAS EN LA INDUSTRIA DEL EMBALAJE

En principio, todas las especificaciones europeas permiten utilizar cualquier tipo de madera para el embalaje, pero en la práctica sólo se emplean unas cuantas especies (chopo, pino o haya), cuya elección vendrá determinada sobre todo por las cantidades disponibles y por el precio.

La industria del embalaje es una gran consumidora de madera de sierra y se ha calculado que el porcentaje destinado al embalaje de la cantidad total que se consume de dicha madera es del 10% al 20% según los países. Por consiguiente, a la industria del embalaje le resulta imprescindible disponer de recursos forestales de importancia.

El costo de la materia prima representa una gran fracción del costo total de un embalaje y, como éste se requiere al final de una serie de operaciones de fabricación o producción, siempre se lo considera "demasiado caro", por lo cual se suele recurrir a la madera más barata posible.

Desde el punto de vista técnico, la elección de la madera dependerá de la facilidad con que ésta se pueda trabajar, de su resistencia al choque y a la extracción de los clavos, de su olor, su densidad, su resistencia a la pudrición y su calidad. No hay ningún tipo de madera que sea el mejor para todo, pero se puede utilizar la mayor parte de las principales especies de madera de construcción comercial, siempre que se tengan en cuenta las observaciones y reservas que figuran a continuación.

### Facilidad de trabajo

La madera para embalajes se debe poder aserrar rápidamente sin necesidad de precauciones especiales. Los requisitos en materia de facilidad de trabajo dependen del uso final que se vaya a dar a la madera. Cuando se trata de cajas, jaulas y paletas de madera de sierra, es preciso que el material se pueda aserrar, cepillar y torneár fácilmente, sin necesidad de herramientas especiales como sierras de ciertas aleaciones o herramientas con piezas de carburo de tungsteno.

Se deben evitar ciertas especies como la caoba colombiana, la angélica o el palo del Brasil, que contienen sustancias extrañas (por ejemplo, sílice), y también las especies que contienen mucha resina porque ésta embota rápidamente las herramientas.

Para los embalajes ligeros, las cajas armadas y las de madera terciada, la mejor madera es la que se puede descortezar (o quizás rebanar) fácilmente. Por lo general, todas las especies utilizadas para fabricar madera terciada pueden emplearse en estos

tipos de embalajes. Sin embargo, no es necesario recurrir a las grandes máquinas desarrolladoras empleadas en la fabricación de madera terciada, porque las piezas que hay que cortar suelen ser pequeñas y, en consecuencia, puede utilizarse madera de poco diámetro (30-40 cm).

### Densidad

Indudablemente la densidad de la madera, que es fácil de medir, es una característica muy importante porque da una idea bastante exacta de su resistencia, tanto en general como a la extracción de clavos. La densidad también indica aproximadamente el grado de merma o contracción y por lo tanto de deformación que probablemente ocurra durante el secado. Conviene utilizar madera de elevada densidad cuando se requiere una gran resistencia al choque y, sobre todo, cuando se necesita una gran resistencia a la extracción de los clavos. Por otra parte, esta madera tiene una marcada tendencia a deformarse y es difícil de clavar; los clavos tienden a abrir la madera o a doblarse, por lo cual es preciso perforar agujeros antes de clavarlos. Normalmente, no se debe utilizar para el embalaje una madera con densidad superior a los  $750 \text{ kg/m}^3$ . Por otra parte, no conviene utilizar maderas cuya densidad sea menor de  $400 \text{ kg/m}^3$  porque carecen de la resistencia mecánica necesaria.

La elección entre las maderas con densidades comprendidas entre los  $400$  y los  $800 \text{ kg/m}^3$  (aproximadamente) dependerá del tipo de embalaje o piezas para embalaje que se haya de producir. Dentro de esta gama de densidades, lo mejor es utilizar maderas muy densas ( $650-750 \text{ kg/m}^3$ ) para hacer componentes que puedan recibir fuertes golpes o estén sometidos a fuerzas que tiendan a arrancar los clavos, como ocurre con los travesaños y los espaciadores de las paletas, las tablas de refuerzo del fondo de las cajas, los montantes y largueros de las jaulas, los testeros reforzados de cajas clavadas y cajas de madera terciada, y los barrotes de refuerzo de cajas armadas. Las maderas de menos densidad ( $400-600 \text{ kg/m}^3$ ) deben utilizarse preferentemente para piezas que no tengan que soportar grandes esfuerzos, como los largueros y montantes intermedios de las jaulas, sus revestimientos y paneles, y los costados y listones de cajas armadas y embalajes ligeros.

### Resistencia mecánica

Sería útil preparar una tabla completa de todas las especies disponibles en grandes cantidades y determinar las características más importantes de las que tienen densidades medias comprendidas entre los  $400$  y los  $750 \text{ kg/m}^3$ , aproximadamente. Las características de la madera para embalaje no deben rebasar los límites siguientes:

Densidad:  $400-750 \text{ kg/m}^3$

Resistencia a la flexión:

Carga de ruptura:  $600-1.400 \text{ kg/cm}^2$

Módulo de elasticidad:  $80.000-140.000 \text{ kg/cm}^2$

Resistencia a la compresión:

Carga de ruptura:  $350-600 \text{ kg/cm}^2$

Resiliencia:  $0,30-0,80 \text{ kg/cm}^2$

En la resistencia mecánica de la madera intervienen también otros factores, como los que se examinan a continuación.

### *Humedad*

La madera de los árboles vivos contiene una enorme cantidad de agua, que se pierde después de la tala, y sobre todo después del aserrado. Casi siempre que se utiliza la madera como material de embalaje, y sobre todo para jaulas, cajas y paletas reutilizables y cajas armadas, es necesario eliminar casi toda el agua.

La madera conserva la humedad en las cavidades internas y en las paredes celulares. Cuando el agua se evapora de las cavidades pero las paredes celulares siguen saturadas se dice que la madera ha alcanzado el punto de saturación de la fibra, punto que en la práctica suele corresponder a un contenido de humedad del 30% aproximadamente. Cuando la humedad disminuye por debajo de este punto de saturación, la madera empieza a mermar. El proceso de secado termina cuando la madera llega al equilibrio con las condiciones de temperatura y humedad relativa del aire que la rodea, y la humedad de equilibrio oscila entre el 10% y el 25%, según el clima.

Al secarse la madera, sus fibras empiezan a endurecerse, con lo cual aumenta su resistencia a las tensiones estáticas pero disminuye la resistencia a las tensiones dinámicas. La resistencia a las tensiones estáticas y a la extracción de clavos puede ser hasta un 30% superior en la madera seca que en la verde.

### *Nudos*

Los nudos son secciones de ramas que aparecen en la superficie de un trozo de madera. Interrumpen la dirección de la veta y dan lugar a zonas locales de veta transversal con gran inclinación. Algunos tipos de nudos disminuyen más que otros la resistencia de la madera. Por consiguiente hay que distinguir entre los nudos sanos, que se adhieren fuertemente a la madera circundante y los nudos negros, podridos y flojos.

El efecto de un nudo sobre la resistencia del trozo de madera en que aparece depende de la proporción que guarde con la sección transversal de dicho trozo. Por consiguiente, es preciso de determinar las dimensiones máximas admisibles de los nudos en función del ancho de la pieza en que aparecen. Los nudos disminuyen la resistencia a la atracción más que la resistencia a la compresión o al cizallamiento. Si la madera va a estar sometida a esfuerzos de flexión es preciso tener en cuenta la posición que ocupan los nudos a lo largo de la pieza.

### *Inclinación de la veta*

La inclinación de la veta es la dirección de las fibras de la madera con respecto al eje longitudinal de una pieza. Cuando las fibras no son paralelas al eje longitudinal se dice que la madera tiene veta oblicua. La inclinación representada por el ángulo que forman la dirección general de la veta y el eje longitudinal de la pieza de madera se expresa en tanto por ciento. Por lo general no se tienen en cuenta las pequeñas desviaciones locales de la veta. Sin embargo, una veta muy oblicua se traduce en una

considerable disminución de la resistencia de la pieza. Por ejemplo, una inclinación del 10% en un trozo de madera sometido a esfuerzos de flexión lleva consigo una disminución de la resistencia a la flexión del 40%, mientras que una inclinación del 15% origina una disminución del 60%, siendo necesario reducir las cargas de trabajo que normalmente se le asignarían, a fin de compensar esta pérdida de resistencia. Además, los trozos de madera con veta oblicua tienen tendencia a alabearse cuando hay variaciones de humedad. Por consiguiente, se debe fijar un límite a la inclinación admisible de la veta de las piezas de madera sometidas a esfuerzos, como los elementos de estructuras caladas, los barrotes de refuerzo de cajas de madera de sierra y de madera terciada, y los testers de cajas armadas.

### *Pudrición*

La pudrición, que hace que la madera se desintegre, es el resultado de la acción de hongos destructores de la madera. Afecta seriamente a sus propiedades de resistencia, inclusive la resistencia a la extracción de clavos, y puede anularlas por completo: por consiguiente es totalmente inadmisibile.

### *Azulado*

La coloración azulada de la albura de ciertos tipos de madera, sobre todo de la de árboles resinosos tropicales y de hoja ancha, se debe a un hongo. De por sí no influye sobre la resistencia de la madera, pero las condiciones que favorecen el crecimiento de ese hongo también son ideales para que crezcan otros hongos destructivos, por lo cual el azulado puede ser una indicación de que ha comenzado la pudrición.

### *Ataque de insectos*

Algunas maderas, verdes o secas, son atacadas por insectos o larvas. La albura de ciertas especies de hoja ancha es atacada por escarabajos como el lyctus y otros de la familia de las *Anobiidae*. Las perforaciones pequeñas de los gusanos, y especialmente las picaduras negras de salida de estos insectos de la madera verde, sólo afectan ligeramente a la resistencia del material y, si la madera está sana por lo demás, se la puede utilizar perfectamente para fabricar embalajes. Sin embargo, si el ataque ha sido importante, y sobre todo si todavía hay larvas o insectos en la madera, como ocurre cuando hay picaduras activas, ésta acabará por ser destruida por las plagas y, por lo tanto, no debe ser utilizada.

### *Sesma*

Se llama sesma a la presencia de corteza o a la falta de madera (por haberse extraído anteriormente la corteza) en los bordes de un tablón. Da lugar a una disminución de la resistencia del trozo de madera por haber disminuido su sección transversal. Este defecto es menos grave en piezas de revestimiento o de relleno que en las que se utilizan en estructuras caladas, barrotes o tabletas.

### *Rajas*

Las rajas son separaciones internas o externas a lo largo de la veta de la madera debidas a las tensiones producidas por la contracción durante el secado. Reducen la resistencia al cizallamiento y además pueden producirse en el punto de entrada del clavo, disminuyendo considerablemente la resistencia de las piezas clavadas. Sólo se puede aceptar un número muy pequeño de rajas. Ciertos fenómenos debidos a un mal secado, como la deshidratación rápida, que dan lugar a la formación de cavidades dentro de la madera se traducen en una disminución tal de su resistencia que resulta preciso desechar las piezas en que tales fenómenos se han producido.

### **Resistencia a los ataques de hongos e insectos**

Como la resistencia de la madera que ha sido atacada por hongos e insectos queda notablemente disminuida, no se debe utilizar este material en la fabricación de embalajes. No obstante, la madera sana puede ser atacada durante su empleo. En el caso de los embalajes que no se van a volver a utilizar, hay poco peligro de que la madera sufra un ataque tan intenso durante su único viaje que su resistencia se vea gravemente afectada.

Sin embargo, en el caso de los embalajes reutilizables, evidentemente el problema es distinto porque éstos se han diseñado para que duren varios años. Se debe señalar que es poco probable que este tipo de embalaje sea contaminado por insectos durante su transporte y manutención. De la misma manera, también es poco probable que las cajas reutilizables cuya madera haya alcanzado un equilibrio de humedad por debajo del 20% al 22% sean atacadas por hongos.

Los embalajes vacíos o llenos pueden ser atacados por insectos durante su almacenamiento si las condiciones climáticas son tales que la madera se encuentra en un estado de equilibrio seco, o por hongos si el estado de equilibrio de la madera supone una humedad superior al 10% o si los embalajes están en contacto con el suelo. En teoría es, pues, necesario utilizar madera con una resistencia natural al ataque especialmente alta (lo cual eliminaría a la albura de la mayor parte de las especies) o tratar la madera con una sustancia preservativa que sea eficaz contra los hongos y los insectos, incluso el comején, y que no se pierda por lixiviación. Esta sustancia también ha de ser compatible con los artículos que se transporten, debiendo tener una composición que no reaccione químicamente con ellos de manera nociva. Este problema suele plantearse al embalar productos metálicos y, sobre todo, productos perecederos. La mayor parte de los países han dictado normas relativas a los productos que se pueden poner en contacto con los alimentos, y dichas normas prohíben el uso de casi todas las sustancias preservativas de la madera más corriente, especialmente las producidas a base de arsénico o de bromo.

Según se mencionó anteriormente, la madera para embalaje debe ser lo más barata posible. La eliminación sistemática de la albura o el tratamiento de la madera con sustancias preservativas aumenta su precio considerablemente y, además, el tratamiento se debe aplicar a los componentes del embalaje ya mecanizados y no a la madera de sierra en bruto.

Un estudio efectuado en los Estados Unidos ha demostrado que la vida de una caja de madera que no recibió tratamiento preservativo y estuvo expuesta a condiciones climáticas desfavorables fue de cinco años, mientras que una caja igual,

expuesta a las mismas condiciones tras un tratamiento de preservación duró de cinco a once años, según el tratamiento utilizado. No obstante, la mayor parte de las cajas no duran más de cinco años si se las utiliza regularmente para transporte y manutención. A las cajas de botellas y a las paletas de madera se les supone generalmente una vida de cinco años. La de los embalajes para almacenamiento es, naturalmente, superior a los cinco años y puede llegar a los diez e incluso a más.

Así pues, es preciso llegar a un equilibrio entre el riesgo de que los embalajes sean destruidos por hongos o insectos, que sólo se debe tener en cuenta cuando hay probabilidad de que dichos embalajes se almacenen en malas condiciones, y el costo del tratamiento de preservación, que aumenta los precios de la materia prima en un 25% a 30%. La decisión de utilizar una sustancia preservativa dependerá en sumo grado de las condiciones climáticas de un país, e incluso de las de una región del país. En los países de clima templado tal vez no se precise ningún tratamiento, en tanto que ciertos tipos de embalajes tendrán que ser tratados en países de clima tropical o subtropical.

### Compatibilidad y olor

Se ha planteado frecuentemente la cuestión de la probabilidad de que la madera no tratada influya sobre la conservación del producto embalado. Prácticamente todas las maderas conocidas tienen un pH inferior a 7, y generalmente comprendido entre 6 y 4,5. Que se sepa, de todas las maderas cuyo pH se ha determinado, sólo el de la de balsa es superior a 7 (concretamente, 8).

El hecho de que el pH de la madera sea inferior a 7 quiere decir que ésta es naturalmente ácida. De por sí esta acidez es independiente de la humedad de la madera, pero dicha humedad permite que los agentes ácidos se desplacen hacia el exterior. Por consiguiente, cuanto más bajo sea el pH de una madera y más húmeda sea ésta, más posibilidades habrá de que la acidez actúe de algún modo sobre el producto embalado.

Por supuesto, la propia acidez de la madera es un agente corrosivo cuando hay contacto con metales. Es frecuente que, al secarse, las maderas húmedas desprendan vapor de agua dentro de los embalajes, el vapor se condensa en las partes metálicas y actúa como un agente corrosivo enérgico. Este fenómeno es especialmente corriente cuando se encierran piezas de madera húmeda dentro de envolturas estancas, como hojas de plástico o envolturas de plástico rellenas de gas inerte. Así pues, para los embalajes o las paletas destinadas al transporte de productos metálicos conviene seleccionar una madera con el pH más alto posible y secarla bien.

La humedad y la acidez de la madera tienen el efecto adicional de atacar los clavos necesarios para ensamblar los embalajes. La vida de una caja desechable suele ser tan breve que la acción corrosiva no afecta a los clavos o a las grapas lo suficiente para disminuir considerablemente la resistencia del conjunto. Sin embargo, en el caso de los embalajes reutilizables el problema es totalmente distinto, y es frecuente encontrar embalajes cuyos clavos se han oxidado por completo. Para evitar que esto suceda se deben galvanizar o fosfatar los clavos antes de usarlos; ese tratamiento aumentará además la resistencia de los clavos a la extracción de un 20% a un 30%.

Aparte de su humedad y su acidez, ciertas maderas pueden exudar sustancias tales como taninos, colorantes, esencias, resinas u oleorresinas, que son más o menos nocivas para los contenidos del embalaje. En general, no deben utilizarse tales maderas, o se las puede utilizar únicamente si no están en contacto con la mercancía.

Algunas maderas tienden a comunicar cierto sabor u olor a los productos perecederos, especialmente a los que se echan a perder rápidamente, como la manteca. Dicha tendencia depende de la especie de que se trate y de su humedad. A medida que disminuye la humedad de la madera disminuye también el olor, y algunas maderas no comunican olor en absoluto cuando su humedad es inferior al 20%, mientras que otras lo comunican cualquiera que sea su grado de humedad. Antes de decidir abstenerse de usar una especie determinada, hay que considerar la relación entre el nivel del olor desprendido por la madera y el tiempo que probablemente va a pasar la mercancía dentro del embalaje, teniendo también en cuenta las condiciones de almacenamiento.

Cuando la mercancía sólo se conserva en el embalaje durante el transporte, no hay prácticamente ningún peligro de que adquiera olor, pero cuando se la almacena durante largos períodos o en un espacio cerrado (refrigeración de manteca o de manzanas) el peligro de que se comuniquen los olores es grande. Por lo tanto deben evitarse las maderas aromáticas o las muy resinosas, como el cedro, el alerce y ciertas variedades de pino, entre ellas el pino de Oregón.

Hay un aspecto final de la compatibilidad que se refiere a la higiene. Cabe preguntarse si la madera de los embalajes puede llegar a contaminarse y transmitir gérmenes nocivos. Que se sepa, los tipos de insectos que atacan la madera nunca han resultado nocivos para el hombre ni han transmitido gérmenes de ninguna enfermedad. Tampoco son nocivos para el hombre los tipos de hongos que crecen en la madera, con la salvedad de que sus esporas pueden causar reacciones alérgicas si son inhaladas. El único peligro serio parecería consistir en que los hongos pasaran a las mercancías embaladas. De todas maneras, incluso si esto ocurriera, las mercancías se podrían consumir sin peligro en breve plazo, pero se estropearían y pronto resultarían inaceptables. Por lo tanto, el crecimiento de los hongos reduciría el tiempo de conservación de la mercancía. Ciertos artículos, como el pescado, transmiten a la madera microflora y bacterias que producen  $\text{H}_2\text{S}$ , y esos agentes se desarrollan en la madera y pasan de nuevo a otro pescado cuando se vuelve a utilizar el embalaje. Esta microflora y estas bacterias tampoco son nocivas para el hombre, pero disminuyen también el tiempo de conservación del pescado. Por consiguiente, vale más retirar de la circulación todos los embalajes de alimentos en los que hayan crecido hongos y limpiar las cajas reutilizables destinadas al pescado.

## TIPOS DE EMBALAJES DE MADERA

El fabricante de embalajes, que dispone generalmente de una gran variedad de maderas de características muy diferentes, puede diseñar y realizar muchos tipos de embalajes, adaptados especialmente a las condiciones de almacenamiento, manutención y transporte, aprovechando al máximo las propiedades mecánicas de las distintas especies. Los tipos de embalajes que pueden fabricarse con madera son tan variados como el material mismo. Para analizarlos, es preciso clasificarlos primero, aun a sabiendas de que toda clasificación tiene que ser forzosamente un tanto arbitraria, pues ni las diferencias entre las distintas categorías son siempre precisas, ni todas las categorías tienen la misma importancia.

### Jaulas de embalaje

Son cajones grandes de madera, generalmente paralelepípedos, constituidos por una estructura de piezas de madera ensambladas de tal modo que formen un recinto rígido capaz de proteger el contenido durante la expedición y el almacenamiento. Los lados de la jaula pueden cubrirse con paneles o quedar abiertos. Las jaulas de embalaje se utilizan para transportar todo género de productos industriales. Su peso total puede ser de 1 a 30 toneladas, y sus dimensiones sólo están limitadas por las posibilidades de los medios de transporte y de manutención. Las jaulas permiten manipular uno o más objetos voluminosos y pesados de una sola vez y cuestan menos, para un volumen total dado, que un conjunto de cajas pequeñas. Este tipo de embalaje es indispensable para la expedición de máquinas-herramientas completamente montadas.

Una jaula de embalaje se compone de una base y cuatro paredes verticales. En los Estados Unidos, las jaulas se utilizan a manera de vigas de armazón tridimensionales, y de ahí que, a menudo, se las denomine jaulas-viga (véase la figura 1). El producto embalado descansa sobre la base, sujetándose firmemente a ella con pernos, tirafondos o flejes, mientras que las paredes verticales y la tapa se colocan por encima de esta base —como quien pone a una quesera su cubierta acampanada—, sin que estén en contacto con el contenido. La jaula ha de soportar por sí sola los esfuerzos de compresión debidos al apilamiento, los esfuerzos de flexión y los esfuerzos de aplastamiento lateral debidos a la manutención con eslingas. En esta concepción, la jaula puede considerarse como un elemento de armazón, debiendo tenerse en cuenta, al hacer los cálculos, el tamaño y peso del contenido y las fórmulas clásicas de resistencia de materiales.

En Europa, se acostumbra a tomar el contenido como el verdadero punto de partida, construyendo la jaula en torno a él y sacando el máximo partido de las

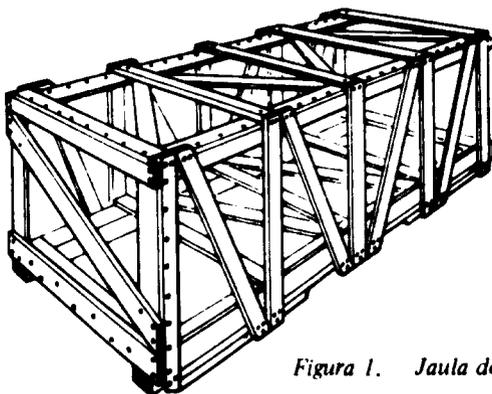


Figura 1. Jaula de madera

posibilidades de utilizarlo como soporte, merced a un sistema de sujeción a base de montantes, cuñas, etc., de modo que el contenido y la jaula de embalaje formen un solo bloque (de ahí la designación de "jaula unitaria"). Para poder utilizar este sistema, es preciso que el contenido soporte las fuerzas exteriores transmitidas por los montantes, las cuñas, etc., de sujeción.

Esta concepción permite construir jaulas de dimensiones exteriores más reducidas, para un contenido de tamaño dado, que las jaulas-viga. En teoría, también requieren menos madera, pero los cálculos necesarios para la construcción de jaulas unitarias son muy complicados y, en la práctica, la determinación de las secciones de los diferentes elementos se suele hacer por procedimientos empíricos.

Los montantes y las cuñas de sujeción, aplicados, por un lado, al contenido de la jaula y, por otro, a la estructura de ésta, han de colocarse exactamente en ciertos puntos, a fin de lograr una distribución de las fuerzas exteriores suficientemente buena para evitar que la jaula o su contenido resulten dañados durante el almacenamiento y la manutención. Por eso, la colocación y el diseño de estas piezas han de encomendarse a obreros altamente calificados, que posean una larga experiencia profesional y conozcan a fondo el oficio de embalador.

Cuando el contenido de la jaula no puede soportar las fuerzas debidas a los choques o a la compresión, se utiliza, en lugar de los montantes, las cuñas, etc., rígidos, material de relleno flexible, como fibra de madera (suelta o en láminas o rollos cubiertos de papel kraft), material a base de caucho macrocelular o de plástico alveolar, u otros medios más refinados de absorber los choques. Generalmente, se evita emplear paja, por razones higiénicas.

Cualquiera que sea su diseño, las jaulas se componen de una base, cuatro paredes verticales y una tapa. La base, que es el principal elemento de la jaula, ha de ser lo suficientemente rígida para poder absorber la mayor parte de las fuerzas de flexión. Puede construirse en dos versiones muy diferentes.

La base de patines se compone de dos o más elementos gruesos de madera o largueros de una sola pieza (patines), dispuestos longitudinalmente debajo de la jaula. Sobre los largueros, y perpendicularmente a ellos, se fijan, en los extremos, sendos travesaños, de sección relativamente gruesa, en los que se ancla el extremo de la jaula (pared vertical), añadiéndose luego otros travesaños, cuyo número y sección vendrán determinados por el volumen y la distribución del peso del contenido y sobre los cuales se apoya la carga. Por último, entre los diferentes travesaños, se fijan planchas o elementos de contrachapado que den, en caso necesario, cierta protección contra el polvo y el agua (véase la figura 2).

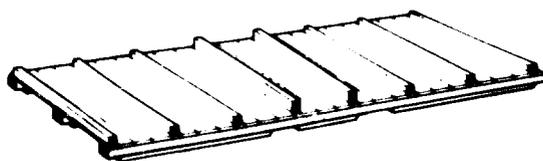


Figura 2. Base de patines

Este tipo de base puede construirse fácilmente y con poca mano de obra, relativamente, pero requiere maderas muy largas y gruesas para los patines, que a veces resultan difíciles de obtener por sus tamaños especiales. Los patines pueden construirse también ensamblando piezas de madera más cortas, aunque los distintos métodos de ensambladura son difíciles y caros.

La base de compartimientos se construye con listones (30–60 mm de espesor), dispuestos de modo que formen un marco de dos elementos longitudinales y dos transversales, que se duplican luego en el interior de la base con otros elementos de igual sección. Seguidamente, se fijan otros elementos transversales (en caso necesario duplicados), según las necesidades, es decir, según el tamaño y la distribución del peso del contenido. Finalmente, se disponen otros elementos longitudinales entre los elementos transversales para reforzar la base (véase la figura 3). Este tipo de base presenta la ventaja de requerir madera de poco espesor, mucho más fácil de conseguir que la de sección gruesa necesaria para las bases de patines, pero, en contrapartida, la base es mucho más difícil de construir y requiere mucho más trabajo.

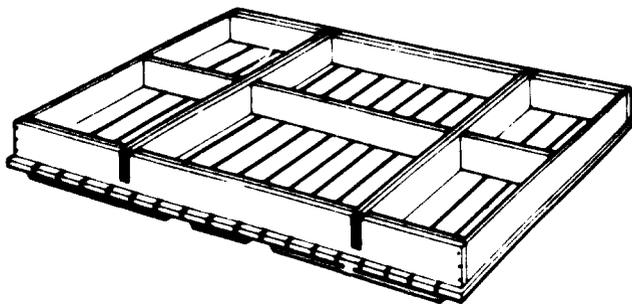


Figura 3. Base de compartimientos

Las paredes verticales de las jaulas (los extremos y los lados) se componen de montantes, largueros, piezas diagonales y espaciadores, cuyas secciones, número y disposición dependen del peso total de la jaula y, sobre todo, de sus dimensiones. La tapa de la jaula consiste en un marco, a base de tirantes y travesaños, destinado a soportar las cargas de objetos que pudieran apilarse encima de la jaula, como cajas más pequeñas, así como las fuerzas de aplastamiento lateral originadas por las eslingas durante la manutención.

No es indispensable cubrir los lados ni la tapa de la jaula si el contenido no requiere protección especial; en otras palabras, la jaula puede consistir sólo en un armazón de elementos clavados o atornillados. Cuando el contenido exige cierto grado de protección, basta yuxtaponer los elementos del armazón de un panel y clavar sobre los mismos un revestimiento a base de tablas o madera terciada que los mantenga unidos.

La elección de un revestimiento de tablas o de madera terciada depende, más que de consideraciones técnicas, de consideraciones económicas. Las tablas son un revestimiento barato, pero su colocación requiere mucho trabajo. Además, tienden a secarse, contrayéndose y separándose unas de otras, lo que reduce la resistencia del panel a la deformación diagonal. Las tablas, aun cuando las juntas sean de ranura y lengüeta, no aseguran la impermeabilidad del embalaje, pues el agua puede filtrarse muy fácilmente por entre las tablas y penetrar en la jaula. Los paneles verticales pueden revestirse con una hoja de papel alquitranado o con una película de plástico, pero esta técnica no se puede aplicar a la tapa de la jaula, pues el agua se filtra, formando bolsas en el material protector que, tarde o temprano, acaba por reventar. Para asegurar la impermeabilidad, las tapas de las jaulas han de tener dos capas cruzadas de tablas, con una capa de material protector entre ellas.

El revestimiento a base de madera terciada es mucho más caro que el de tablas, si bien con la mitad del espesor del revestimiento de tablas se confiere la misma resistencia total a la jaula. El aserrado previo y la colocación de la madera terciada, sin embargo, requiere mucha menos mano de obra. Desde el punto de vista económico, la conveniencia de utilizar madera terciada dependerá, pues, de la relación que exista entre el precio de las tablas, de la madera terciada y de la mano de obra. Desde el punto de vista técnico, la madera terciada requiere más montantes, pero menos tirantes que las tablas, y presenta la ventaja de ser prácticamente impermeable.

Es de suponer, pues, que en los países en desarrollo las primeras jaulas se construirán, primero, con revestimiento exclusivamente de tablas, poco después con las tapas de madera terciada y, por último, a medida que se vaya desarrollando el país, con revestimiento exclusivamente de madera terciada.

Como todos los demás tipos de embalajes, las jaulas pueden ser desechables o reutilizables. Las jaulas de tipo europeo casi siempre son desechables y sus paneles van unidos por medio de clavos. Las jaulas de tipo norteamericano pueden ser desechables (en cuyo caso se ensamblan con clavos) o reutilizables. En este último caso, si no han de desmontarse para ser devueltas vacías, las jaulas se montan con clavos, pero las más de las veces es necesario proceder a su desmontaje y, en este caso, los paneles van unidos por medio de pernos siempre que haya acceso al interior de la jaula y, por último, con tirafondos para el último panel.

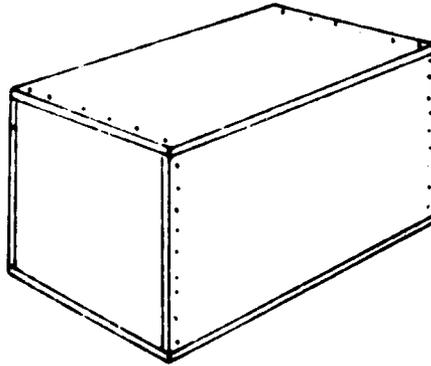
### **Tipos de cajas clavadas de madera aserrada**

La caja prefabricada, construida en serie, para el transporte en el mercado nacional de productos manufacturados y terminados, desde el jabón, el vino y las conservas hasta las piezas de máquinas y los aparatos electrodomésticos, suele ser la que antes se reemplaza con otros tipos de embalajes, tales como la caja armada, la caja en contrachapado y la caja de cartón.

La caja clavada de madera aserrada es el tipo más antiguo de embalaje de madera, y no ha evolucionado sustancialmente desde que se produjo por primera vez. Por falta de imaginación, los constructores de cajas no explotan todas las posibilidades que se les ofrecen. Aunque pueden construirse muchos tipos de cajas clavadas de madera aserrada, podrían clasificarse en cuatro categorías, correspondientes a otros tantos diseños básicos.

### *Tipo 1 Cajón sencillo*

El cajón no lleva barrotes en ninguno de sus paneles, siendo por ello el tipo de caja más sencillo. No puede construirse en grandes dimensiones, ni su altura puede ser superior a los 30 cm, ya que cada panel debe fabricarse de una sola pieza o con dos o tres elementos ensamblados en cola de milano, con ranuras y lengüetas encoladas o con juntas biseladas (véase la figura 4).



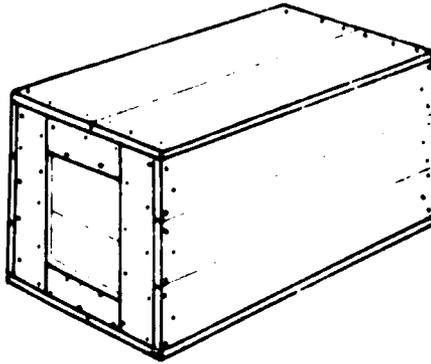
*Figura 4. Cajón sencillo*

Los lados recubren los testeros del cajón, y el fondo y la tapa recubren los lados y los testeros. Los lados se clavan a contrahilo en los testeros del cajón, y la tapa y el fondo, a hilo. El claveteado a contrahilo proporciona un 50% menos de resistencia a la extracción de los clavos que el claveteado a hilo, y éste es uno de los principales inconvenientes de este tipo de caja.

Sin embargo, la elevada relación entre la cabida útil y el volumen exterior de este tipo de embalaje hace que su empleo sea económicamente interesante, pues permite reducir los costos de transporte, sobre todo cuando se calculan con arreglo al volumen, como en el caso del transporte marítimo. Este tipo de cajón sólo se utiliza para la expedición de pesos que no excedan de 40 kg.

### *Tipo 2 Caja de testeros encuadrados*

Este tipo de caja se compone de cuatro paneles planos, que forman los lados, la tapa y el fondo, constituido cada uno de ellos por una o más tablas yuxtapuestas o caso más frecuente ensambladas en cola de milano o con ranuras y lengüetas, y de dos paneles encuadrados con cuatro barrotes, que forman los testeros de la caja. Los barrotes pueden disponerse de diversas maneras, aunque la disposición más corriente consiste en dos barrotes verticales, perpendiculares a los elementos de los testeros y de longitud ligeramente inferior a la altura del panel, y en dos barrotes horizontales dispuestos paralelamente a los bordes superior e inferior del panel, entre los barrotes verticales (véase la figura 5).



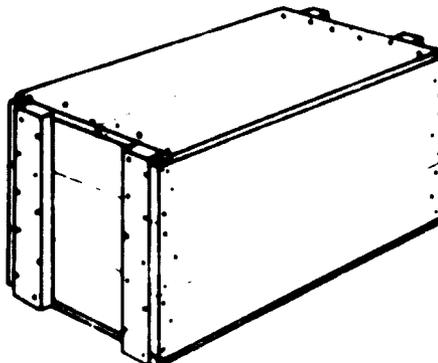
*Figura 5. Caja de testeros encuadrados*

El encuadramiento de los testeros puede efectuarse también invirtiendo la disposición de los barrotes, es decir, colocando primero dos barrotes horizontales, de longitud ligeramente inferior a la anchura del testero, y luego dos barrotes verticales a lo largo de los bordes verticales del testero, entre los barrotes horizontales.

Por último, cuando la caja tenga testeros encuadrados, el reforzamiento de éstos puede efectuarse mediante cuatro barrotes de igual longitud dispuestos de manera que un extremo de cada barrote caiga en uno de los cuatro ángulos del testero. Los lados de la caja recubren los bordes de los testeros y de los barrotes, y la tapa y el fondo recubren los bordes de los paneles laterales, de los testeros y de los barrotes. El claveteado se hace al tresbolillo, de manera que la totalidad, o en cualquier caso más de la mitad, de los clavos estén clavados a hilo. Este tipo de caja se destina al transporte de pesos de hasta unos 150 kg.

### *Tipo 3-Caja de testeros reforzados con barrotes verticales*

Este tipo de caja se compone de cuatro paneles planos, que forman los lados, el fondo y la tapa, como en el tipo anteriormente descrito, y de dos paneles planos, con dos barrotes verticales y perpendiculares a los elementos de los paneles, en los extremos. Los barrotes son de longitud ligeramente inferior a la suma de la altura del panel testero y del espesor de los paneles de la tapa y fondo (véase la figura 6).



*Figura 6. Caja de testeros reforzados con barrotes verticales*

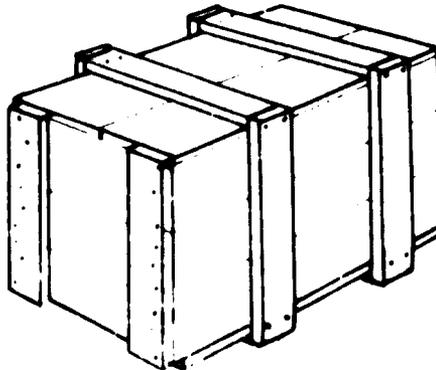
Los paneles laterales cubren los cantos de los testeros y de los barrotes de refuerzo de éstos, y los paneles de la tapa y del fondo de la caja cubren los bordes de los paneles laterales y de los testeros, encastrándose en los extremos de los barrotes. Estos se colocan normalmente en la cara exterior de los testeros, aunque, en casos especiales, pueden fijarse en su cara interna, siempre que el contenido lo permita, reduciéndose así el volumen de la caja. En este caso, la longitud de los barrotes no deberá exceder de la altura interior de la caja.

El diseño con barrotes interiores se utiliza mucho en la construcción de cajas reutilizables para frutas y hortalizas. Los barrotes son de sección triangular, a fin de evitar que el contenido sufra daños, y las tablas que forman los paneles laterales están ligeramente espaciadas unas de otras, formando ranuras horizontales para que se pueda airear el contenido. Cuando se usan para frutas y hortalizas, estas cajas casi nunca tienen tapa. Las cajas del tipo 3 se utilizan para el transporte de pesos de hasta unos 120 kg.

Los inconvenientes de las cajas de los tipos 2 y 3 estriban en el claveteado de los lados, la tapa y el fondo hacia el centro de los testeros, y que, en caso de choque, el esfuerzo ejercido por el contenido no se distribuye sobre todo el panel, sino sobre su centro, lo que hace que los clavos que sujetan las tablas medianeras de los paneles laterales, de la tapa y del fondo a los testeros estén sometidos a mayores esfuerzos de arrancamiento que los clavos que unen las tablas más próximas a los bordes. Por eso, las tablas medianeras tienden a desclavarse. Para superar este inconveniente, pueden construirse paneles de una sola pieza, de manera que se distribuyan mejor los esfuerzos de arrancamiento ejercidos sobre los clavos. Por este motivo, se prefiere construir los paneles a base de tablas ensambladas en cola de milano, con ranuras y lengüetas encoladas o con juntas biseladas. Estos métodos resultan relativamente caros, pero merecen atención porque permiten reducir sustancialmente el espesor de la madera utilizada.

#### *Tipo 4—Caja de doble cintura*

Este tipo de caja se compone de cuatro paneles, que forman los lados, la tapa y el fondo, cada uno de los cuales lleva por lo menos dos barrotes (más de dos cuando la longitud del panel lo exige), y de dos testeros idénticos a los de la caja del tipo 2 (caja de testeros encuadrados) o del tipo 3 (caja de testeros reforzados con barrotes verticales). Los paneles se componen normalmente de tablas yuxtapuestas, las cuales pueden también ir unidas mediante juntas en cola de milano o de ranura y lengüeta, si se desea asegurar cierta estanqueidad (véase la figura 7).



*Figura 7. Caja de doble cintura*

Los barrotes colocados en los lados, la tapa y el fondo de la caja (denominados "cintura") se sitúan a una distancia de los extremos aproximadamente igual a la cuarta parte de la longitud total de la caja. Cuando se añade una tercera cintura, los barrotes extremos se sitúan a una sexta parte de la longitud y la cintura adicional en un punto equidistante de las otras dos. Los barrotes de los paneles laterales, de la tapa y del fondo forman, pues, una serie de cinturas en torno a la caja.

Los paneles laterales cubren los testeros y los barrotes que los refuerzan, y los barrotes de refuerzo de los paneles laterales cubren los bordes de los paneles que forman la tapa y el fondo y los extremos de los barrotes que los refuerzan. Los paneles de la tapa y del fondo van encastrados en los barrotes de refuerzo de los paneles laterales, cubriendo los bordes de estos paneles y de los testeros. Cuando las cajas tienen testeros encuadrados, los paneles de la tapa y del fondo cubren también los barrotes de los testeros; si las cajas tienen testeros de barrotes verticales, los paneles de la tapa y del fondo van encastrados entre los extremos de los barrotes. Las cajas de este tipo pueden utilizarse para transportar pesos de hasta 250 kg.

Un embalaje bien diseñado no debe tener puntos débiles, es decir, las rupturas, si ocurren, deberán producirse en cualquier punto del embalaje, y no siempre en el mismo o los mismos puntos. Se ha observado que el punto débil de las cajas clavadas de madera aserrada siempre es la unión de los paneles entre sí, aunque esto se debe generalmente a defectos de construcción.

En realidad, es perfectamente posible lograr un equilibrio entre la resistencia de la madera y la de las uniones entre paneles. En primer lugar, hay que utilizar clavos más largos que los empleados generalmente (por ejemplo de 55 X 2,7 mm, en lugar de 45 X 2,4 mm, en las cajas con testeros encuadrados utilizadas para transportar pesos de 100 kg). Por otra parte, puede utilizarse madera de menor espesor empleando clavos delgados (por ejemplo de 55 X 2,2 mm), que muestran menor tendencia a rajar la madera y que son indispensables cuando se desea clavetear en los cantos de madera de menos de 15 mm de espesor. La observación más importante es, por último, que la resistencia de las uniones puede aumentarse sustancialmente utilizando los llamados clavos "perfeccionados", es decir, clavos que han sido sometidos a un tratamiento químico o mecánico especial. La galvanización o fosfatización de los clavos, además de protegerlos contra la corrosión, aumenta la resistencia de las uniones en alrededor de un 20%.

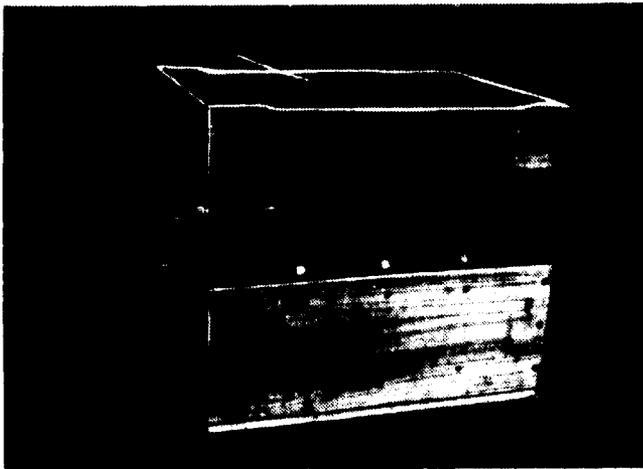
El tratamiento de los clavos ordinarios por procedimientos mecánicos permite obtener muchos tipos de clavos. Los dos tipos que mejores resultados dan son los clavos con hondas muescas anulares, y, sobre todo, los clavos de estría helicoidal. Estos últimos permiten aumentar la resistencia de las uniones de los paneles en un 100%; el empleo de estos clavos debería, pues, generalizarse lo antes posible, especialmente el de los clavos delgados de estría helicoidal, que son muy útiles para la unión de tablas finas. Si estos clavos son los más indicados para la unión de paneles entre sí, para fijar barrotes a los paneles pueden utilizarse clavos lisos, ya que en este tipo de construcción los clavos se remachan siempre.

Otro factor importante, desde el punto de vista de la resistencia de las cajas, es su forma, ya que cuanto más largas sean menor resistencia ofrecerán para unas características dadas de fabricación. Por otra parte, para un volumen útil determinado, las cajas alargadas requieren más madera que las cúbicas. El peso que puede transportarse en una caja dada varía en función de su coeficiente de forma, es decir, de la relación entre la dimensión interior más pequeña y la dimensión interior más grande. Así, una caja dada con un coeficiente de forma de 0,25 podrá

transportar 100 kg, en tanto que otra del mismo tipo pero con un coeficiente de forma de 1,00 permitirá transportar 180 kg. Por consiguiente, conviene construir cajas cuya configuración se aproxime todo lo posible a la del cubo.

### Cajas para botellas

Las cajas para botellas no tienen tapa y están divididas en compartimientos mediante paneles separadores (véase la figura 8).



*Figura 8. Caja para botellas*

Las dimensiones de las cajas están determinadas por el tamaño de las botellas que han de alojar. Para poder normalizar las cajas, es preciso normalizar primero los diámetros y las alturas de las botellas. Las cajas pueden tener diversos números de compartimientos. Las cajas de botellas de un litro suelen tener 10, 12 ó 15 compartimientos.

Las cajas de 10 botellas son las de uso más generalizado, pues permiten llevar fácilmente la cuenta de las botellas en reserva o vendidas; sin embargo, su forma alargada y estrecha no es racional pues no permite apilarlas con cierta estabilidad y entraña un elevado consumo de madera en relación con el número de botellas que contienen. Las cajas de 15 botellas son de diseño mucho más racional, pero pueden pesar hasta 30 kg llenas y, por consiguiente, son difíciles de manipular, especialmente por la mano de obra femenina. Las cajas de 12 botellas son una fórmula intermedia entre las dos anteriores. Tienen las ventajas de las cajas de 10 y de 15 botellas, pues pueden apilarse fácilmente, gracias a su forma y no pesan más de 25 kg llenas. Es, indiscutiblemente, el tipo de caja hacia el cual debería orientarse la producción.

Para las botellas de 33 a 50 cl, pueden utilizarse cajas de 24 botellas. En el caso de botellas pequeñas muy resistentes, como las de cerveza o de Coca-Cola, pueden suprimirse por completo los paneles de separación, lo que se traducirá en ahorros de fabricación y en una reducción de las dimensiones globales de las cajas.

Las cajas para botellas constan de:

- a) Un fondo, compuesto generalmente de dos patines y cuatro travesaños. (Pueden obtenerse resultados igualmente satisfactorios sustituyendo este tipo de fondo por otro constituido por dos tablas dispuestas longitudinalmente.)
- b) Dos lados, constituidos por un elemento inferior ancho y un elemento superior estrecho. Este último, que ha de soportar grandes esfuerzos, debe ser de madera muy resistente.
- c) Dos testeros, compuestos de un elemento inferior ancho, un elemento superior estrecho y dos montantes, que deben ser también de madera resistente.
- d) Paneles separadores, que pueden ser de madera aserrada o de tablero de fibra. Cuando las cajas se llenan a mano conviene que la superficie superior de los paneles sea plana y horizontal. En cambio, cuando se llenan automáticamente conviene que la parte superior de los paneles tenga forma de V, de modo que los puntos de cruce de los elementos separadores presenten una forma abovedada, asegurando así el perfecto encaje de las botellas y evitándose que se queden atascadas en la parte superior de la caja.

Las cajas para botellas pueden construirse con maderas blandas (densidad comprendida entre 0,40 y 0,60), pero para lograr cierta uniformidad de resistencia conviene que los montantes y los elementos superiores estrechos de los lados sean de especies duras (densidad comprendida entre 0,60 y 0,75).

### Paletas y paletas-caja

Una paleta es una plataforma transportable sobre la cual puede depositarse una cantidad determinada de mercancías para formar una "unidad de carga" a los efectos de su manutención, transporte o almacenamiento y que se desplaza con dispositivos mecánicos tales como carretillas transportadoras de paletas o carretillas elevadoras de horquilla. Las paletas se componen de dos entablonados unidos entre sí por travesaños separadores. Una paleta-caja es una paleta que tiene, por lo menos, tres paredes verticales, fijas, plegables o desmontables, sobre las que puede apilarse otra paleta u otra paleta-caja. Las paletas y las paletas-caja son un medio eficaz de mejorar las operaciones de manutención y almacenamiento.

Las paletas y las paletas-caja pueden diseñarse de muy diversas formas, según los fines a que se destinen.

#### *Entradas*

Una entrada es un espacio libre en el que puede introducirse la horquilla de una carretilla elevadora o transportadora de paletas en un sentido determinado. Según su diseño y el número de las entradas que tienen, pueden distinguirse tres tipos de paletas y de paletas-caja.

Las paletas de dos entradas están concebidas de manera que las horquillas de las carretillas elevadoras o transportadoras puedan penetrar en ellas por dos costados opuestos, y se componen de un entablonado superior, tres o cuatro travesaños separadores y un entablonado inferior (véase la figura 9).

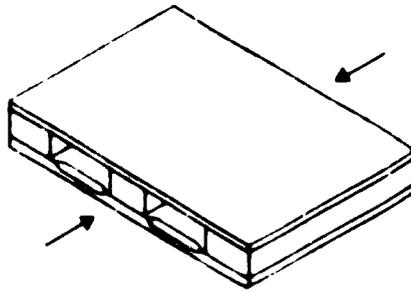


Figura 9. Paleta de doble entrada

Estas paletas son muy fáciles de construir y, en general, son muy resistentes, pero el hecho de que sólo puedan levantarse por dos costados opuestos limita sus posibilidades de empleo. En particular, cuando se cargan sobre vehículos, hay que colocarlas paralelas entre sí, sin que se pueda sacar partido de las dos dimensiones de base, lo que frecuentemente permitiría utilizar mejor la superficie de los vehículos o de los depósitos de almacenamiento. Así, por ejemplo, un contenedor ISO con un ancho interior de 2,33 m no podrá cargarse con dos paletas 100 X 120 cm de doble entrada, porque las dos paletas yuxtapuestas medirían 2,40 m. El mismo contenedor, en cambio, podrá cargarse con dos paletas de cuatro entradas, dispuestas una longitudinalmente y la otra transversalmente (o sea, 2,20 m de largo).

Las paletas de cuatro entradas están concebidas de manera que las horquillas de las carretillas transportadoras y elevadoras puedan penetrar en ellas por los cuatro costados. Estas paletas se componen de un entablonado superior, unido con clavos remachados a tres travesaños dispuestos perpendicularmente al entablonado, de nueve bloques separadores (tres por travesaño), y de una base, compuesta solamente de tres tablas clavadas al extremo inferior de los bloques y dispuestas paralelamente a las tablas del entablonado superior (véase la figura 10). Las paletas de cuatro entradas ofrecen mayores posibilidades de empleo que las de dos entradas, pero son más largas y más difíciles de fabricar y, sobre todo, mucho más frágiles, ya que en una de sus dos dimensiones la resistencia a la flexión está asegurada sólo por tres travesaños.

Hay un tercer tipo de paletas: las de 2 + 2 entradas (véase la figura 10).

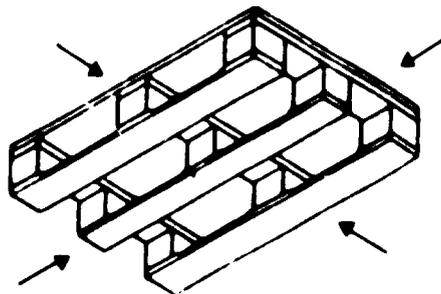


Figura 10. Paleta de cuatro entradas

Las paletas de dos y de cuatro entradas están construidas de suerte que las horquillas de las carretillas puedan levantarlas por dos o cuatro costados, respectivamente. Ahora bien, si las horquillas de las carretillas elevadoras pueden penetrar en entradas de una altura de 50 mm, las de las carretillas transportadoras requieren una entrada de unos 100 mm de alto. Así pues, las paletas de 2 + 2

entradas se diseñan de manera que las horquillas de las carretillas transportadoras puedan penetrar por dos costados opuestos, y las de las carretillas elevadoras por los cuatro costados.

Las paletas de 2+2 entradas constan de un entablonado superior, de cierto número de cabios espaciadores y de una base constituida por tres tablas. Los cabios tienen en su parte inferior dos ranuras de una altura de 30 a 35 mm y una anchura igual a la distancia entre las tablas de base. Estas paletas son tan resistentes como las de dos entradas y ofrecen más posibilidades de utilización que ellas, pero menos que las de cuatro entradas. Sin embargo, es preciso ranurar los cabios, y esto, naturalmente, entraña una operación más.

### *Composición del entablonado*

En todas las paletas, el entablonado superior es el que soporta la carga. En las paletas reutilizables destinadas a cargas muy diversas, el entablonado superior ha de poder adaptarse a cualquier producto que se cargue en ellas y, por ello, estará compuesto de tablas de madera aserrada, con una pequeña separación (inferior a 50 mm) entre ellas, o de un panel macizo de madera terciada. En las paletas desechables destinadas a la manutención de productos de forma, tamaño y peso determinados, por el contrario, el entablonado superior podrá concebirse exactamente en función de la carga, y ser continuo o de tablas con una separación más o menos grande entre ellas.

Las paletas pueden ser de una sola cara, de dos caras o reversibles. En realidad las paletas de una sola cara no tienen base, pues el entablonado superior se fija a cabios o a bloques que descansan directamente sobre el suelo. Estas paletas no pueden apilarse, a menos que la parte superior de las cargas paletizadas sobre las que se deseen colocar esté constituida por un panel o una estructura especial que permita el apilamiento. La mayoría de las paletas, sin embargo, suele ser de dos caras, es decir, su entablonado inferior está concebido de manera que puedan apilarse. Algunas de ellas son de tipo no reversible, y en estos casos el entablonado inferior se diferencia del superior en que se compone de tres tablas de madera aserrada cuya superficie de apoyo es igual, por lo menos, al 40% de la superficie total del entablonado superior. Estas tablas están lo suficientemente espaciadas entre sí para que las ruedas de las carretillas transportadoras puedan moverse debajo de la paleta y apoyarse en el suelo. Las tablas están achaflanadas en sus dos extremos para facilitar el paso de las horquillas. En las paletas reversibles, los entablonados superior e inferior son idénticos, pudiendo utilizarse cualquiera de los dos para recibir la carga. Salvo en algunos casos excepcionales de paletas desechables, las paletas reversibles tienen doble entablonado, con muy poco o ningún espacio entre las tablas y, por consiguiente, no pueden manipularse con carretillas.

### *Alas*

Las paletas o las paletas-caja pueden tener el entablonado cortado al raso con los cabios o los bloques; las paletas o las paletas-caja ordinarias son de este tipo. Pero algunas paletas o paletas-caja se construyen de suerte que el entablonado de una o de las dos caras rebase los travesaños en cada extremo, y entonces se las denomina paletas o paletas-caja con alas (véase la figura 11).

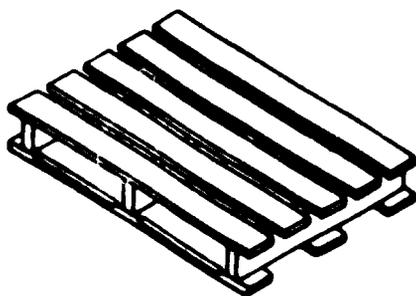


Figura 11. Paleta con alas

Estas alas, situadas solamente en los extremos opuestos de la paleta, facilitan la manutención de ésta con eslingas, un método corrientemente empleado en los transportes marítimos, y de ahí que las paletas con alas estén reservadas primordialmente a este sector. La elevación de las paletas con eslingas ordinarias somete a las tablas exteriores a grandes esfuerzos, que a menudo ocasionan daños. Las paletas con alas, sobre todo las de cuatro entradas, son muy flexibles en la dirección en que son asidas por la eslinga y no deben ser elevadas con eslingas ordinarias, sino con barras rígidas suspendidas de eslingas.

#### *Superestructuras*

Entre la paleta plana ordinaria y la paleta-caja de cuatro paredes verticales y una tapa, hay una gran variedad de diseños posibles.

Las paletas de montantes están provistas de elementos verticales fijos o amovibles, generalmente de metal, destinados a soportar las paletas superpuestas sin que estas descansen sobre la mercancía que va en la paleta inmediatamente inferior.

Las paletas de cercos apilables consisten en una paleta plana ordinaria y uno o más cercos o elementos amovibles que pueden adaptarse a la paleta y apilarse uno sobre otro (véase la figura 12). Estos cercos pueden ser simples bastidores, de iguales dimensiones exteriores que la paleta, que convierten a ésta en una especie de paleta-caja. Las paletas de cercos apilables pueden también presentar la forma de verdaderas cajas o jaulas especialmente diseñadas para un fin específico, de suerte que

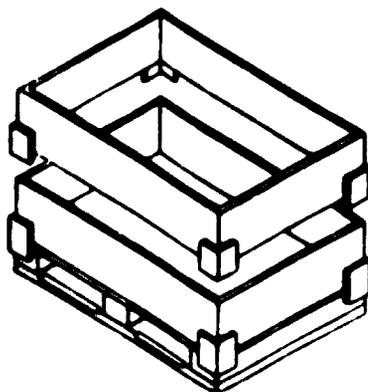
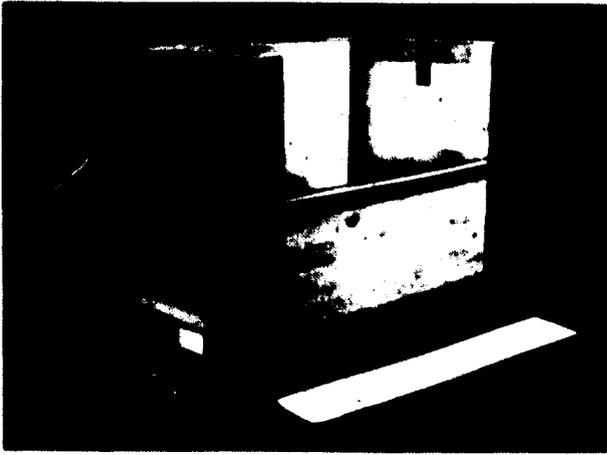


Figura 12. Paleta de cercos apilables

combinen los conceptos de caja de manutención y de paletización. En este caso, las cajas así formadas se utilizan en las líneas de producción para recibir el producto manufacturado, las más de las veces en compartimientos o alvéolos, apilándose luego en una paleta para su transporte a otro fabricante, que, a su vez, las reparte en sus líneas de producción, donde sirven de cajas de aprovisionamiento. Este procedimiento permite transportar el producto de una línea de producción a otra en las mejores condiciones.

Las paletas-caja propiamente dichas tienen, por lo menos, tres paredes verticales, y generalmente, cuatro (véase la figura 13). La cuarta pared suele ser amovible, a fin de facilitar la carga y descarga, especialmente cuando la paleta-caja se utiliza para almacenar piezas sueltas.



*Figura 13. Paleta-caja*

Desde el punto de vista de la devolución sin carga, parece preferible utilizar paletas-caja de paredes amovibles o plegables para economizar espacio de los medios de transporte. El diseño y el desarrollo de semejantes paletas-caja, sin embargo, es complicado y costoso. Las paletas-caja son de por sí muy frágiles. Los elementos de fijación de las paredes se rompen muy pronto, las más de las veces, lo que significa que las paletas-caja quedan inservibles, o la deformación de los paneles debida a los golpes recibidos durante la manutención hace que resulte imposible montarlas o desmontarlas. Las paletas-caja que pueden desmontarse o plegarse presentan ciertas ventajas (a efectos de su devolución vacías o de su almacenamiento), pero estas ventajas se ven contrapesadas a menudo por los inconvenientes que entrañan, a saber: elevado costo de fabricación, necesidad de montarlas y desmontarlas cada vez que se utilizan, lo cual requiere mucha mano de obra, y fragilidad. Convendría llevar a cabo un estudio minucioso para determinar si el empleo de las paletas-caja es o no rentable.

La construcción de cualquier tipo de paleta o de paleta-caja presenta dos problemas importantes, a saber, el montaje y la uniformidad de resistencia.

Los montajes pueden realizarse con pernos, clavos o grapas. Durante mucho tiempo, se pensó que el montaje con pernos era el método que mayor resistencia prestaba a las paletas, pero, en realidad, las paletas o paletas-caja montadas con

pernos no ofrecen mayor resistencia que las montadas por otros métodos. Además, este método entraña la perforación preliminar de agujeros para los pernos y el avellanado para las cabezas y las tuercas, y, por consiguiente, exige más mano de obra que el montaje con clavos. El montaje con pernos debería reservarse a la fabricación de paletas-caja desmontables.

Los montajes con clavos lisos, salvo los montajes planos en los que pueden remacharse las puntas de los clavos, no ofrecen suficiente resistencia por lo que las paletas y las paletas-caja se montan normalmente con clavos de estría helicoidal.

El montaje con grapas requiere, generalmente, menos tiempo que el montaje con clavos, debido a las altas velocidades a que trabajan las máquinas de engrapillar, y da muy buenos resultados. Sin embargo, no pueden utilizarse grapas de más de 60 mm de longitud, y por ello este método sólo se utiliza, hoy día, para la fabricación de paletas desechables.

Como en el caso de las cajas y demás tipos de embalajes, lo ideal sería que las paletas no presentaran puntos débiles. Aunque el empleo de clavos de estría helicoidal permite equilibrar, poco más o menos, la resistencia de la madera y la de las uniones, algunas partes de las paletas soportan esfuerzos mucho mayores que otras. Así, por ejemplo, las tablas de entrada de las paletas reciben los golpes de los talones de las horquillas de las carretillas elevadoras, y los montantes angulares de las paletas-caja están sometidos a las fuerzas de compresión debidas al apilamiento. Por ello, sería conveniente que estos elementos fuesen de madera dura; las demás partes, en cambio, pueden construirse con madera blanda. No siempre resulta fácil obtener maderas de distintas especies, no por razones técnicas, sino por razones de aprovisionamiento. Cuando se tropiece con tales dificultades, puede construirse toda la paleta o paleta-caja con madera de una sola especie. Puede ocurrir también que sea más fácil obtener especies de madera dura que especies de madera blanda. En este caso, la paleta o la paleta-caja puede construirse exclusivamente con madera dura. En la medida de lo posible, y en el caso económico más general, es preferible utilizar dos tipos diferentes de maderas.

### **Embalajes de madera terciada y de paneles de fibra**

Por sus propiedades y por otras ventajas que ofrecen, estos embalajes, concebidos en los países industrializados, se están imponiendo en otras partes. La madera terciada, constituida por finas chapas de madera encoladas unas sobre otras, con el hilo de cada una de ellas perpendicular al de la siguiente, forma paneles sólidos que no se abarquillan. Los embalajes de madera terciada son tan sólidos y rígidos como los de madera aserrada de buena calidad y, al mismo tiempo, son ligeros y poco voluminosos.

Los paneles de fibra se fabrican con fibras de madera o de otros materiales lignocelulósicos, unidas principalmente por enfieltado, aunque también con aglomerantes. Revisten la forma, bien de paneles aislantes, ligeramente comprimidos o sin comprimir, que no se utilizan para el embalaje, bien de paneles comprimidos, denominados semiduros, duros o extraduros, que pueden utilizarse como la madera terciada.

El peso de un embalaje de madera terciada representa entre una cuarta parte y la mitad del de una caja de madera de tipo clásico; naturalmente, el volumen no se

reduce en la misma proporción, pero aun así, el ahorro de unos cuantos centímetros en cada una de las tres dimensiones tiene su importancia cuando los costos de transporte se calculan con arreglo al volumen. En las cajas de pequeñas y medianas dimensiones, la reducción del volumen exterior que puede lograrse para un volumen interior útil dado puede ser de un 10% a un 20%. Por estas dos ventajas de peso y volumen, y por la gran resistencia de los embalajes de madera terciada y de paneles de fibra, conviene estudiar seriamente su utilización en los países en desarrollo, pese a su mayor costo de fabricación.

El aspecto de los paneles utilizados para embalajes, particularmente los paneles de madera terciada, no influye para nada en la utilidad de los mismos. Los paneles que presenten defectos superficiales, como nudos en las superficies exteriores, pueden servir muy bien para la construcción de cajas, pero deben rechazarse los que tengan defectos estructurales, como juntas abiertas, que les resten resistencia.

El tipo de cola que se elija dependerá de las condiciones en que vaya a utilizarse el embalaje. Como los embalajes de pequeñas dimensiones suelen transportarse en vehículos cubiertos y almacenarse en depósitos cerrados, no es necesario utilizar, en este caso, adhesivos especialmente resistentes al agua o a la humedad, sino que bastará con una cola corriente a base de albúmina, caseína o soya. Los embalajes de grandes dimensiones o reutilizables, que se han de utilizar largo tiempo y que pueden ser transportados en vehículos descubiertos o almacenados provisionalmente a la intemperie, requieren colas más resistentes del tipo urea-formaldehído, con una fuerte carga de harina. Para los embalajes que puedan estar expuestos a condiciones atmosféricas desfavorables durante el transporte o el almacenamiento, pueden utilizarse colas del tipo urea-formaldehído, con una ligera carga de harina. Por último, en los casos excepcionales en que las cajas han de transportarse y, sobre todo, almacenarse durante largos períodos en condiciones climáticas muy desfavorables, deberá recurrirse a colas muy resistentes del tipo fenólico.

Podrán utilizarse paneles de fibra ordinarios en lugar de madera terciada cuando se requieran colas de caseína, albúmina, soya, etc., o de urea-formaldehído con una pequeña carga de harina. Por último, no se utilizarán paneles de fibra en lugar de madera terciada cuando se requieran colas del tipo fenólico.

La resistencia mecánica de la madera terciada y de los paneles de fibra puede determinarse satisfactoriamente mediante un ensayo especial, poco utilizado en los ensayos de calidad de la madera terciada ordinaria, a saber, el ensayo de perforación, y en particular el de perforación dinámica. Las mejores maderas terciadas para embalajes se fabrican con maderas de densidad relativamente alta (0,60 a 0,70), y el espesor a emplear dependerá de la resistencia de la especie a la perforación, propiedad que, en general, es proporcional a la densidad de la madera, aunque se dan excepciones que exigen un ensayo preliminar.

Los tableros aglomerados de fibra corta fabricados con madera de especies frondosas suelen ser tan resistentes como los paneles de madera terciada de igual espesor fabricados con madera de densidad comprendida entre 0,40 y 0,50. Los tableros aglomerados de fibra larga a base de coníferas son, generalmente, tan resistentes como los paneles de madera terciada de igual espesor fabricados con madera de densidad comprendida entre 0,50 y 0,60.

Conviene señalar que, por lo que a la madera terciada respecta, el número y espesor de las chapas que la forman influyen considerablemente en la resistencia mecánica de los paneles. En otras palabras, a mayor número de chapas, mayor resistencia. Por ejemplo, un panel de madera terciada de 9 mm de espesor constituido

por 9 chapas será entre un 25% y un 30% más resistente que un panel de igual espesor constituido por 3 chapas. Por otro lado, como los paneles de madera terciada con un reducido número de chapas son más económicos que los de muchas chapas y, por consiguiente, es frecuente que, en último extremo, sean más interesantes, conviene que estos paneles, particularmente los constituidos por 3 chapas, estén diseñados de manera que las sumas de los espesores de las chapas sean iguales en ambas direcciones del hilo.

Los siguientes tipos de embalajes se fabrican con madera terciada y con paneles de fibra: cuñetes, barriles, cajitas, cajas encuadradas, cajas reforzadas con montantes angulares de metal y cajas para fines diversos.

### *Cuñetes*

Generalmente, los cuñetes no se fabrican con madera terciada propiamente dicha, sino con dos hojas, de un espesor total de 1,5-2 mm, encoladas perpendicularmente (véase la figura 14). Las dos hojas así encoladas se doblan a mano y se unen a lo largo de la costura con grapas cuyos extremos van remachados en la madera por el lado interior del cuñete, presentando una superficie perfectamente lisa. El fondo del cuñete se fabrica también con dos hojas y se mantiene sujeto en el interior del cuerpo con una cintura engrapillada. Estos cuñetes pueden ser cilíndricos o cónicos. Los cónicos, cuando están vacíos, pueden encajarse unos en otros para facilitar su transporte y economizar espacio. Se fabrican con capacidades de 10 a 30 dm<sup>3</sup>, y sus tapas, de doble hoja, se mantienen fijas, una vez rellenos, mediante ganchos.

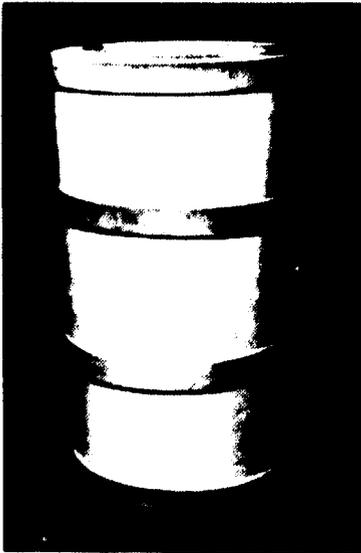


*Figura 14. Cuñetes*

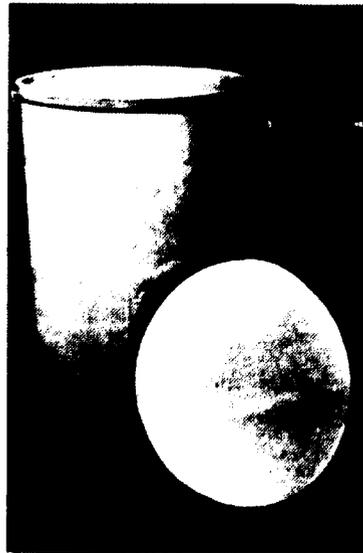
### Barriles

Están constituidos por un cuerpo fabricado con una hoja de madera terciada o de fibra de 3 a 8 mm de espesor.

Hay un tipo de barril que se monta enteramente mediante engrapillado (véase la figura 15 A). La hoja que constituye el cuerpo se dobla a mano, hasta que los dos bordes se superponen unos 5 cm, y luego se unen mediante una o dos hileras de grapas. El exterior del cuerpo así obtenido se refuerza con cinturas de madera aserrada de 4 a 6 mm de espesor, sujetas al cuerpo con grapas. La tapa y el fondo del barril, generalmente idénticos, están constituidos por un conjunto de piezas de madera ensambladas o por una hoja de madera terciada o de fibra. Los fondos de madera aserrada pueden fijarse simplemente con clavos o grapas; los de madera terciada o fibra, en cambio, se sujetan colocándolos entre dos cinturas engrapilladas en el interior del cuerpo, o van provistos de un bastidor poligonal, a base de piezas aserradas, que se fija con clavos o grapas.



A - Engrapillado



B - Encolado

Figura 15. Barriles

Hay otro tipo de barril que se monta enteramente por encolado (véase la figura 15 B). El panel que constituye el cuerpo del barril tiene los dos extremos opuestos biselados, los cuales, una vez encolados, se mantienen unidos durante cierto tiempo entre las mordazas calientes de una prensa especial. La parte superior del cuerpo así obtenido se refuerza solamente con una cintura de madera aserrada encolada, que sirve para mantener la tapa en la posición deseada. El fondo, un panel con un bastidor poligonal de madera aserrada encolada, se introduce a presión en el cuerpo y, al mismo tiempo, se fija una cintura metálica en el exterior del barril.

La tapa, compuesta de una hoja de madera terciada relativamente gruesa, con un rebajo alrededor de todo su borde inferior, encaja en la parte superior del barril, descansando en el borde del mismo. Se sujeta mediante una cintura metálica provista de dos rebordes desiguales, uno de los cuales descansa en el borde de la cintura superior encolada, y el otro sobre la tapa. Esta cintura metálica se aprieta mediante

un dispositivo tensor, parecido al utilizado para las botas de esquiar. Este tipo de barril presenta una buena hermeticidad, que puede mejorarse colocando una junta de caucho en el rebajo de la tapa.

Los barriles de madera terciada tienen una capacidad de 30 a 250 dm<sup>3</sup>. Los barriles engrapillados se utilizan para el transporte de piezas y de mercancías a granel, y los encolados, para el transporte de productos pulverizados y pastas.

### *Cajitas*

Se fabrican engrapillando en ángulo paneles de madera terciada o de cartón de pasta de madera de 3 a 6 mm de espesor, sin listones de refuerzo (véase la figura 16). Cinco paneles constituyen el cuerpo de la cajita, que puede ser un paralelepípedo o una pirámide truncada, forma esta última que permite encajar unas cajas dentro de otras. La tapa está constituida por un sexto panel, que puede llevar unas tiras estrechas de madera terciada engrapilladas rectangularmente a sus bordes, de suerte que rodeen completamente el borde superior de la caja, o tiras delgadas de madera sujetas a ella que formen un bastidor algo separado del borde del panel, de modo que éste descansa en los bordes superiores de la caja y el bastidor encaje en su interior. En ambos casos, el cierre se asegura mediante cinturas.

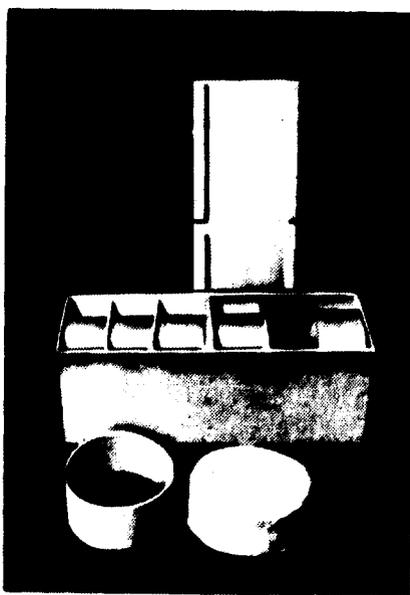
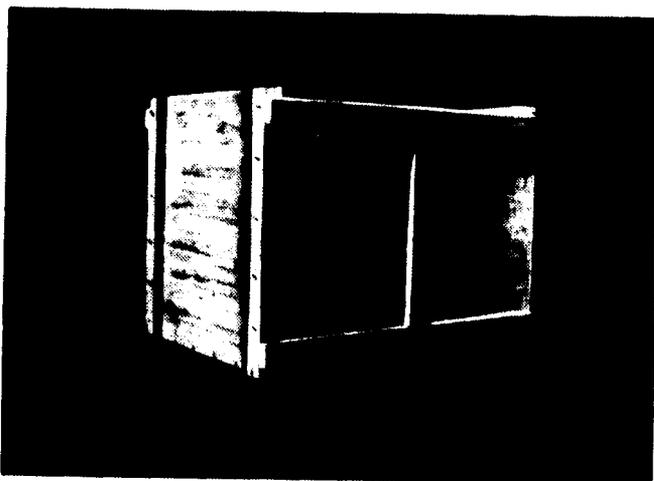


Figura 16. *Cajitas*

Hay otro tipo de caja constituido por paneles sujetos entre sí mediante flejes angulares de poco espesor que se remachan o engrapillan a los cuatro paneles verticales. El fondo y la tapa descansan sobre un encuadramiento interior de listones; una vez colocados los flejes, el cierre se asegura clavando éstos y los paneles a los listones. Estas cajas son muy resistentes al aplastamiento, son livianas y tienen una relación volumen interior útil/volumen exterior total muy elevada (más del 90%). No obstante su capacidad máxima sólo es de unos 100 dm<sup>3</sup> en volumen y de 50 kg en peso. Se utilizan principalmente para envíos por vía aérea o marítima de objetos de tipo "paquete postal".

*Cajas reforzadas con barrotes*

Las cajas reforzadas con barrotes, construidas con madera terciada o con paneles de fibra, se componen de seis paneles reforzados con barrotes que van clavados o, de preferencia, engrapillados a lo largo de sus bordes (véase la figura 17). (En realidad, técnicamente, son los paneles los que se engrapillan a los barrotes.) Estas cajas pueden montarse según dos técnicas diferentes.



*Figura 17. Caja reforzada con barrotes*

La primera consiste en efectuar montajes triangulares, es decir, montajes en los que tres barrotes de tres paneles se juntan en una misma esquina, recubriéndose mutuamente, lo que permite clavar los paneles en tres direcciones. Por ejemplo, el barrote vertical de un testero se clava en el canto del barrote de la tapa, y éste, en el canto del barrote horizontal del panel lateral, que, a su vez, se clava en el canto del primer barrote (es decir, el barrote del testero).

En estos montajes, la anchura del testero es inferior a la de la tapa, y la altura del panel lateral es inferior a la del testero. Los montajes triangulares permiten construir cajas muy resistentes y que difícilmente pueden abrirse sin romper, por lo menos, uno de sus paneles. Las cajas de este tipo son esencialmente desechables y, por ello, se utilizan casi exclusivamente para la exportación.

La segunda técnica consiste en construir un cuadro formado por dos testeros y dos lados de la misma altura, al que se clavan un fondo y una tapa que recubren los cantos de los paneles testeros y laterales. Este tipo de montaje no es tan resistente como el primero, pero permite construir embalajes que pueden abrirse fácilmente sin necesidad de romper ningún papel y que, por lo tanto, pueden volver a utilizarse.

Cada uno de los paneles de estas cajas lleva, por lo menos, dos barrotes, aunque puede llevar cuatro, asegurando así un encuadramiento completo. En los montajes no triangulares, los testeros han de llevar cuatro barrotes de encuadramiento.

Para reducir el volumen exterior de las cajas, pueden suprimirse los barrotes en dos de los paneles (la tapa y el fondo), con lo que disminuye la altura de la caja en el doble del espesor de un barrote. En este caso, sin embargo, deberá utilizarse madera terciada de una especie dura que tenga el mayor número posible de hojas (por ejemplo, 5 mm-5 hojas).

Pueden fabricarse muchísimos tipos de cajas reforzadas con barrotes. Las montadas por el método triangular pueden tener seis paneles con dos barrotes; cuatro paneles con dos barrotes y dos paneles con cuatro barrotes; dos paneles con dos barrotes y cuatro paneles con cuatro barrotes; o seis paneles con cuatro barrotes.

Las cajas montadas por métodos distintos del triangular pueden tener: dos paneles con cuatro barrotes y cuatro paneles con dos barrotes; cuatro paneles con cuatro barrotes y dos paneles con dos barrotes; seis paneles con cuatro barrotes; dos paneles con cuatro barrotes, dos paneles con dos barrotes y dos paneles sin barrotes; cuatro paneles con cuatro barrotes y dos paneles sin barrotes.

Para reforzar las cajas o para ponerles cinturas de fleje, pueden colocarse barrotes suplementarios entre los barrotes de encuadramiento. Existe, por lo demás, una relación precisa entre la longitud de los paneles, el espesor de panel utilizado y la distancia entre barrotes sucesivos<sup>1</sup>.

Cuando los barrotes se claven uno en otro, los paneles se unirán con clavos (preferentemente, clavos de estría helicoidal). Cuando los paneles se claven a los barrotes de otro panel, se utilizarán clavos de cabeza ancha.

Las cajas de madera terciada o de paneles de fibra reforzadas con barrotes se utilizan para el transporte de toda clase de mercancías industriales, químicas y farmacéuticas de hasta 250 kg de peso.

#### *Cajas reforzadas con cantoneras de metal*

Las cajas reforzadas con barrotes, muy utilizadas en los países industrializados, presentan el inconveniente de ocupar mucho espacio durante su almacenamiento o su transporte vacías. Para subsanar este inconveniente, se han concebido otros tipos de cajas, y a continuación se describen los dos principales.

El primero consiste en cuatro paneles verticales unidos, de dos en dos, mediante una cantonera delgada de metal, engrapillada o remachada, dejándose cierto espacio entre los dos paneles adyacentes para que puedan plegarse por sus ángulos, de modo que dos de los ángulos formen un ángulo de  $0^\circ$  y los otros dos un ángulo de  $180^\circ$ . La tapa y el fondo están constituidos por paneles, reforzados con dos o cuatro barrotes, que se fijan con clavos, o simplemente con cinturas de fleje, dentro de los bordes superior e inferior de la caja. El segundo tipo se compone de cuatro paneles (lados, tapa y fondo) unidos mediante flejes planos, relativamente gruesos, provistos de muescas que permiten engrapillarlos directamente en los paneles. Los flejes de los bordes son cantoneras que, entre los paneles, presentan muescas en forma de V en la cara vertical, para que éstos puedan plegarse, y orificios para la introducción y fijación de los testereros. Estos flejes llevan un orificio en un extremo y una lengüeta en el otro (véase la figura 18). Para montar la caja, se pliegan los flejes hasta que formen un ángulo de  $90^\circ$  entre los paneles y luego se insertan las lengüetas de los testereros en los orificios correspondientes de las cantoneras, doblándose una vez que se han insertado. El cierre de la caja se asegura introduciendo las lengüetas en los orificios de los flejes y luego doblándolas.

<sup>1</sup> Véanse los cuadros 2, 3, 4 y 5 (páginas 13 y 14) *Caractéristiques et spécifications techniques des caisses barrées en bois contreplaqué destinées aux transports par voies maritimes* (Características y especificaciones técnicas de las cajas de madera terciada reforzadas con barrotes destinadas al transporte marítimo de mercancías) publicado por el *Centre Technique du Bois*, enero 1967.



*Figura 18. Caja reforzada con cantoneras metálicas*

Existen muchas otras maneras de hacer cajas que puedan entregarse sin montar, y los paneles de madera terciada o de fibra permiten encontrar soluciones muy buenas.

#### *Otras aplicaciones de los paneles*

Como ya se ha dicho, los paneles pueden utilizarse para recubrir jaulas, caras superiores de paletas o paredes de paletas-caja.

Aun cuando los contenedores propiamente dichos no entran en el ámbito del presente estudio, debe señalarse que se ha generalizado mucho el empleo de la madera terciada para el revestimiento interior de contenedores, para la fabricación de paredes de contenedores (con madera terciada impregnada de resina y fibra de vidrio) y para la construcción del fondo de los contenedores.

#### **Cajas armadas**

Las cajas armadas se introdujeron en el mercado norteamericano a comienzos de siglo para competir con los embalajes de cartón ondulado o compacto, que a su vez empezaban a competir seriamente con los embalajes tradicionales de madera.

Las cajas armadas se componen de cuatro paneles (dos lados, la tapa y el fondo) y de dos testeros. Los paneles se unen mediante alambre continuo engrapillado, y cada panel va montado, en sus extremos, sobre listones con las puntas cortadas a bisel en 45%, que forman el cuadro de la caja montada (véase la figura 19). Estos listones son siempre de madera aserrada y los paneles, las más de las veces, de madera desenrollada o rebanada, y sólo excepcionalmente de madera aserrada. Los alambres intermedios se fijan a los paneles con grapas remachadas, y los del cuadro (o los testeros) se fijan a las tablas y a los listones con grapas de puntas divergentes embutidas en la madera. Los testeros se construyen con madera desenrollada o con paneles de madera terciada o de fibra, y normalmente llevan uno o dos alambres.

Para montar las cajas, se pliegan los paneles laterales, superior e inferior hasta formar ángulos de 90°, y luego se fijan los testeros de la caja introduciendo los bucles de los extremos de los alambres en muescas talladas en los listones (en el caso de que



Figura 19. Caja armada

las cajas tengan paredes continuas) o entre el alambre del cuadro y el listón, en el espacio libre entre dos tablas (en el caso de cajas con lados parcialmente calados). En ambos tipos de cajas, los bucles se pliegan hacia el exterior sobre los alambres del cuadro. El cierre se efectúa utilizando los extremos de los alambres de refuerzo, según se describe a continuación.

*Cierre por torsión.* Se retuercen juntos los alambres que sobresalen en cada extremo de la caja para obtener un cierre definitivo, o sea que, para abrir la caja, es necesario cortar los hilos. Este tipo de cierre excluye, pues, la posibilidad de utilizar de nuevo la caja y, al mismo tiempo, en el caso de cajas destinadas a la exportación, plantea el problema de las inspecciones aduaneras. Además, como los extremos retorcidos de los alambres, de puntas agudas, sobresalen de los lados de la caja, pueden lesionar al personal de manutención, y, en efecto, han ocasionado ya numerosos accidentes.

*Cierre por torsión de los bucles.* Se doblan los extremos de los alambres sobre sí mismos hasta formar un bucle, y luego se retuerce el extremo alrededor del alambre. Este método obliga a hacer el bucle antes de proceder a la fabricación, lo que complica el proceso de producción. Los dos bucles practicados en los extremos del mismo alambre han de tener formas ligeramente diferentes, para que uno de ellos pueda penetrar en el otro, y el cierre se asegura doblando después el bucle "macho" por encima del bucle "hembra". Al retorcer el alambre siempre queda un extremo que sobresale y, aunque sobresalga menos que cuando se cierra la caja retorciendo los extremos de los alambres, sigue siendo un peligro para el personal de manutención.

*Cierre con bucles engrapillados.* Se repliega el alambre sobre sí mismo en cada extremo para formar una "horquilla" y luego se introduce el extremo en la tabla del borde, remachándose debajo de ésta. La forma de los bucles así obtenidos tiene por objeto, en primer lugar, asegurar que durante la utilización, la tracción se aplique esencialmente sobre el alambre continuo engrapillado, y no sobre el extremo del alambre que sólo va sujeto debajo de la tabla, y, en segundo lugar, que uno de los bucles pueda introducirse fácilmente en el otro. El cierre se efectúa introduciendo los bucles macho en los bucles hembra y doblando luego aquéllos por encima. El refuerzo de las cajas con alambre ha permitido reducir considerablemente el espesor

de las tablas empleadas, lo que se traduce en un ahorro de un 50% aproximadamente en el peso de la caja, con relación a las cajas tradicionales construidas de madera aserrada, y en un ahorro de un 20% aproximadamente en el volumen. Como las cajas armadas se entregan sin montar, pueden almacenarse y transportarse fácilmente, ocupando solamente un 20% del espacio que ocupan montadas. Estas cajas pueden ser montadas rápidamente (de 100 a 150 per hora), sin necesidad de emplear clavos, por mano de obra no especializada.

Los bucles engrapillados permiten cerrar rápidamente las cajas con un instrumento especial muy sencillo (a razón de 100–165 cajas por hora, según el número de los bucles), aunque también se pueden utilizar máquinas semiautomáticas que permiten alcanzar velocidades de 400–800 cajas por hora, o máquinas automáticas que cierran entre 1.100 y 1.400 cajas por hora. Estas cajas son también muy fáciles de abrir, ya que lo único que se requiere es enderezar los bucles. Este tipo de cierre permite reutilizar las cajas y devolverlas y almacenarlas sin montar. El número de veces que puedan reutilizarse depende del diámetro y de la calidad del alambre de refuerzo que se emplee. Un alambre grueso (2,4 mm) de acero duro con gran contenido de carbono sólo permite reutilizar las cajas unas cinco veces, mientras que un alambre delgado (1,6 mm de diámetro) de acero dulce con bajo contenido de carbono permitirá reutilizarlas más de 20 veces.

Este tipo de caja armada se utiliza tanto para productos agrícolas (particularmente, agrrios) como para productos industriales, pudiendo soportar de 10 a 200 kg de peso. El principio de la caja armada puede aplicarse también al diseño de otros tipos de embalajes.

#### *Cajas armadas con zócalo*

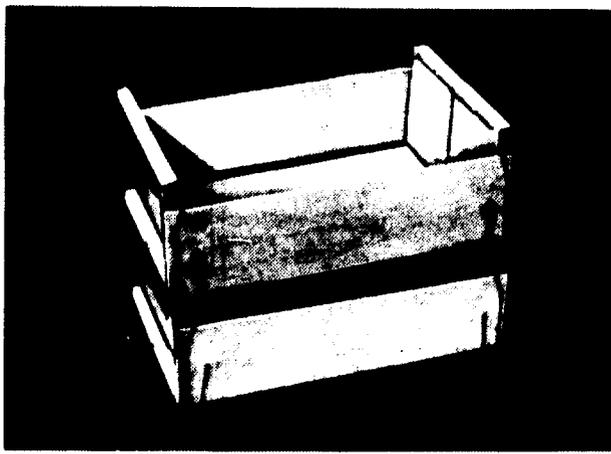
Para el embalaje de productos unitarios tales como motores, aparatos domésticos, etc., se construye una basa o peana sobre la cual se fija el producto, generalmente con pernos. La basa está rodeada de barrotes que forman una especie de ranura y los lados armados de la caja se colocan en torno al producto de manera que los barrotes del cuadro inferior se encastren en las ranuras de la peana. La tapa se construye según el mismo principio que la basa, pero es más ligera, y los barrotes del cuadro superior se encastran en las ranuras de la tapa. El conjunto, una vez cerrado, es lo suficientemente rígido para que no haya necesidad de apoyos en el interior de la caja. Este principio puede aplicarse también a la construcción de paletas-caja.

#### *Cajas armadas sin tapa*

Como las cajas utilizadas para frutas y hortalizas ya no suelen tener tapa, se han diseñado cajas armadas que sólo llevan alambres con bucles en los marcos y que tienen un panel especial. Este panel está dividido en dos partes iguales, las cuales, una vez dobladas en ángulo de 90°, se convierten en los testeros de la caja (véase la figura 20).

#### *Bandejas armadas*

Estas bandejas se componen de paneles armados, de madera aserrada o de construcción compuesta (barrotes verticales y tablas engrapilladas), que forman los lados, el fondo y los dos testeros. Los paneles se engrapillan a los testeros con grapas



*Figura 20. Caja armada sin tapa*

de puntas embutidas. Como estas cajas armadas se fabrican generalmente en serie, su fabricación exige equipo moderno, relativamente costoso, que permita obtener un alto rendimiento con un mínimo de mano de obra. Por ello, no es posible fabricar este tipo de embalaje a nivel artesanal.

### **Embalajes ligeros**

Los embalajes ligeros son cajas con paneles de madera desenrollada, rebanada o aserrada de menos de 7 mm de espesor y unidos con grapas. Son fruto de los progresos realizados a comienzos de siglo en la obtención, por desenrollado, de chapas para la fabricación de madera terciada y de las técnicas de engrapillado empleadas por la industria de embalajes de cartón. El desarrollo de estas cajas fue especialmente notable después de la segunda guerra mundial.

La concepción de estos embalajes ligeros se funda en que cuando una caja de madera se rompe, no suele ser debido a una rotura de la madera, sino a fallas de los métodos de ensamblaje empleados; por lo tanto, utilizando el método más resistente de ensamblaje, como las grapas remachadas, puede disminuirse considerablemente el espesor de la madera utilizada. Aunque de esta concepción han nacido numerosos tipos de embalajes, éstos se destinan aún, primordialmente, al transporte de mercancías perecederas tales como frutas y hortalizas, pescado, aves para el consumo, queso, ostras, etc. Entre los principales tipos figuran las cajas oblongas, las cajas encajables, las cajas cilíndricas, las cajas entregadas sin montar, las cajas para queso y las cestas hechas con virutas.

### *Cajas paralelepípedicas*

Estos embalajes, de forma general rectangular, están constituidos por 5 ó 6 paneles de una sola pieza o de listones perpendiculares, muy separados entre sí y unidos con grapas remachadas. Los testeros suelen reforzarse con tacos de ángulo verticales. Los lados se engrapillan a los testeros o a los tacos de ángulo, y la tapa y el fondo se fijan a los lados y a los testeros mediante engrapillado angular directo.

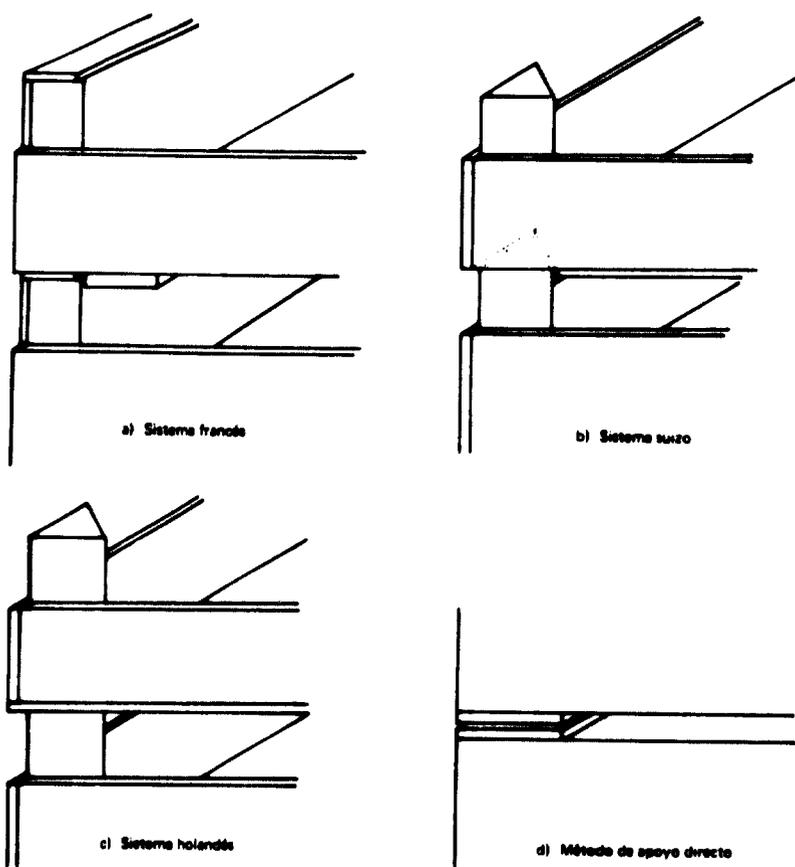


Figura 21. Tipos de cajas paralelepípedicas sin tapa con testeros sobresalientes

Los embalajes paralelepípedicos pueden utilizarse con tapa o sin ella. Las cajas sin tapa pueden ser de los siguientes tipos:

- 1) Con testeros enrasados, es decir, de la misma altura que los lados. Sobre los testeros se colocan tablillas horizontales que sirven de apoyo a otros embalajes.
- 2) Con una superficie superior de la caja ligeramente inferior a la del fondo, de modo que las cajas puedan apilarse unas encima de otras.
- 3) Con testeros sobresalientes, es decir, más altos que los lados, para asegurar, a la vez, una mejor ventilación y una refrigeración más rápida de los productos (véase la figura 21). Estas cajas pueden almacenarse fácilmente una encima de otra. La construcción de los testeros puede realizarse de varias maneras, siendo las más corrientes:

a) El "sistema francés". Cada testero se compone de una o más tablas horizontales, engrapilladas a dos tacos de ángulo triangular, y de una tablilla de apoyo, colocada de cara entre los extremos de los tacos de ángulo y sujeta a éstos con grapas sin remachar. El fondo de la caja lleva travesaños en su parte inferior, y los dos exteriores se encuentran a una distancia del borde del fondo que es ligeramente superior a la anchura

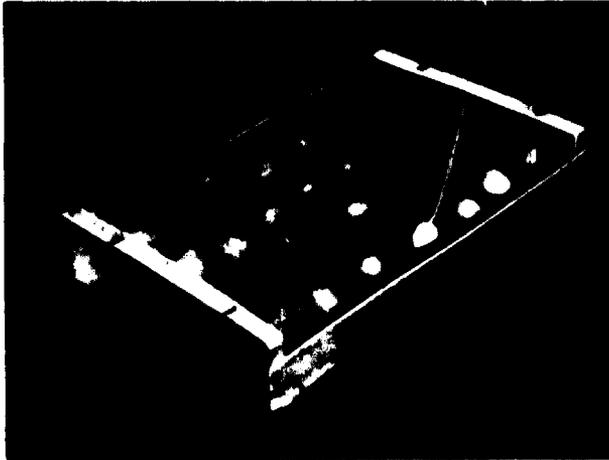
de la tablilla de apoyo. Cuando se apilan estas cajas, los bordes del fondo de la caja superior descansan sobre la caja inferior y los travesaños exteriores del fondo se encastran paralelamente a las tablillas de apoyo y, de hecho, hacen presión contra ellas. Este comportamiento de los embalajes asegura el encaje y la colocación correcta de los mismos una vez apilados, aumentando la estabilidad de las pilas durante el almacenamiento y el transporte. Es un sistema eficaz que ha dado buenos resultados pero, desgraciadamente, entraña métodos de construcción bastante complicados.

- b) *El "sistema suizo"*. Cada testero se compone de una o más tablas horizontales, de igual altura que los lados, engrapilladas a dos tacos de ángulo que sobresalen por encima de éstos. De cada una de las esquinas del fondo se corta un triángulo, de manera que quede un espacio abierto ligeramente mayor que la sección transversal de los tacos. Cuando se apilan las cajas, la parte inferior de los tacos de la caja de arriba se apoya en la parte superior de los tacos de la de abajo, encastrándose el fondo de la primera en los tacos de ángulo de la segunda. De este modo, las cajas quedan afianzadas, no sólo en una dirección, como en el sistema francés, sino en dos.
- c) *El "sistema holandés"*. Cada testero se compone de una o más tablas horizontales, de igual altura que los lados, engrapilladas a dos tacos de ángulo triangulares que sobresalen por encima de éstos. El fondo está constituido por tablas lisas y, cuando se apilan las cajas, descansa directamente sobre la parte superior de los tacos de ángulo de la caja inferior. En este caso, no hay nada que mantenga las cajas en posición. Este tipo de caja se utiliza a veces para el apilamiento directo simple en camiones, aunque las más de las veces se apila cierto número de embalajes (3 a 10), se coloca una tapa (compuesta de cuatro listones) a la caja superior y se cincha el conjunto, formando una unidad en la que las cajas se mantienen en posición por la presión del cinchado. Estas cajas también pueden cargarse en paletas, añadiendo una tapa y cinchándolas de manera análoga para asegurar la estabilidad del conjunto.
- d) *El sistema de apoyo directo*. Cada testero se compone de una o más tablas, engrapilladas a dos tacos de ángulo verticales, y de una tablilla de apoyo. El fondo lleva en los extremos travesaños que, cuando las cajas están apiladas, descansan directamente en las tablillas de apoyo de la caja inferior. En este sistema no hay nada que mantenga las cajas en posición, aunque su desplazamiento está limitado por la presión ejercida sobre toda la superficie de las tablillas de apoyo.

Los principales tipos de embalajes paralelepípedicos ligeros son:

- 1) **Bandejas con testeros sobresalientes y lados de una altura máxima de 12 cm.** Los lados y los testeros están constituidos, generalmente, por paneles de una sola pieza, y los tacos de ángulo de los testeros son casi siempre de sección triangular. El fondo suele ser de tipo calado, con grandes aberturas entre las tablas que lo componen, aunque su construcción dependerá del embalaje

interior que se emplee para el producto (véase la figura 22). La altura de la bandeja dependerá de las dimensiones del producto. Estas bandejas se utilizan primordialmente para el embalaje de frutas u hortalizas delicadas en una sola capa.



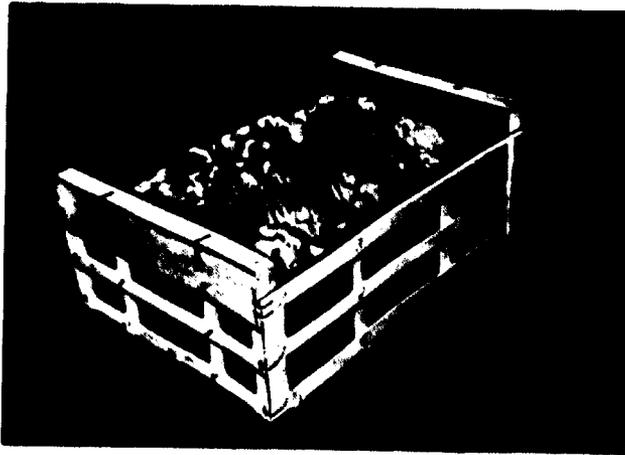
*Figura 22. Bandeja*

- 2) Cajoncitos compuestos de paneles, de una pieza o con una ligera separación entre tablas, de una altura inferior a 12 cm en los lados y de una tapa. Estos embalajes pueden estar provistos o no de tacos de ángulo triangulares (véase la figura 23). Se utilizan para el transporte de pescado, camarones y ciertas clases de quesos y frutas.



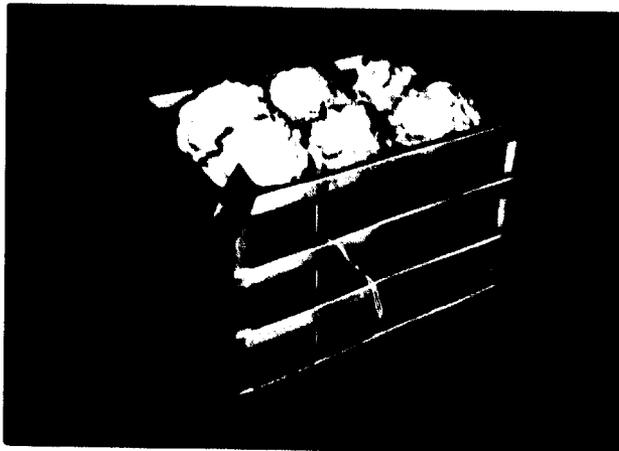
*Figura 23.  
Cajoncitos de paneles de una pieza con tapa*

- 3) Jaulas ligeras de paneles calados, cuyos lados tienen una altura comprendida entre 12 y 25 cm (véase la figura 24). Las dimensiones de las aberturas entre las listas laterales dependen del producto que haya de embalarse: para productos tales como las manzanas, son más pequeñas que para las lechugas. Estas jaulas pueden tener testeros sobresalientes, en cuyo caso se utilizan para frutas no muy delicadas, como las manzanas y los agrios, o para hortalizas, especialmente lechugas. También pueden llevar tapa, un cuyo caso se utilizan para el transporte de hortalizas, aves de corral y quesos.



*Figura 24. Jaula de lados calados*

- 4) Jaulas ligeras constituidas por paneles con grandes aberturas entre las listas y lados de más de 20 cm (véase la figura 25). Estas jaulas se utilizan para transportar hortalizas de gran tamaño.



*Figura 25. Jaula para hortalizas*

Las cajas paralelepípedicas ligeras presentan ventajas indiscutibles. Son particularmente resistentes, por estar provistas de tacos de ángulo, normalmente triangulares, para que el contenido no resulte dañado, o rectangulares, cuando se utilizan para transportar hortalizas. Gracias a su forma, es fácil planear la disposición del contenido, determinar el número de piezas que entran en cada caja en función del tamaño de las piezas y, en general, definir las dimensiones y características del embalaje interior para la fruta. Por último, este tipo de caja se presta bien al embalaje de productos relativamente voluminosos, como aves de corral, o de productos tales como el queso, que ya van en envases rígidos.

Los embalajes paralelepípedicos son fáciles de apilar en vagones, camiones o paletas, pues constituyen cargas homogéneas y sus dimensiones pueden fijarse en función de las de las paletas. Además, el hecho de poder utilizarse sin tapa hace que estas cajas sean menos costosas y menos vulnerables, ya que los embalajes sin tapa se manipulan con más cuidado que los que la tienen. En contrapartida, los embalajes paralelepípedicos ocupan mucho espacio cuando se almacenan o transportan vacíos.

Por las ventajas que presentan los embalajes paralelepípedicos, el Comité de Transportes Interiores de la Comisión Económica para Europa (CEPE) los ha recomendado para el transporte de frutas y hortalizas destinadas a los mercados nacionales y extranjeros.

### *Embalajes encajables*

Los embalajes encajables, una vez montados, pueden apilarse vacíos para facilitar su almacenamiento, transporte y manutención. Son de sección vertical trapezoidal y, según la forma de su sección horizontal, se distinguen los siguientes tipos: banastas, canastos y jaulas troncopiramidales.

Las banastas son embalajes encajables cuya sección horizontal se compone de dos lados rectos paralelos y de dos testeros semicirculares (véase la figura 26). Es interesante señalar que, aunque de construcción compleja, fueron los primeros embalajes ligeros que se fabricaron en serie con máquinas automáticas.

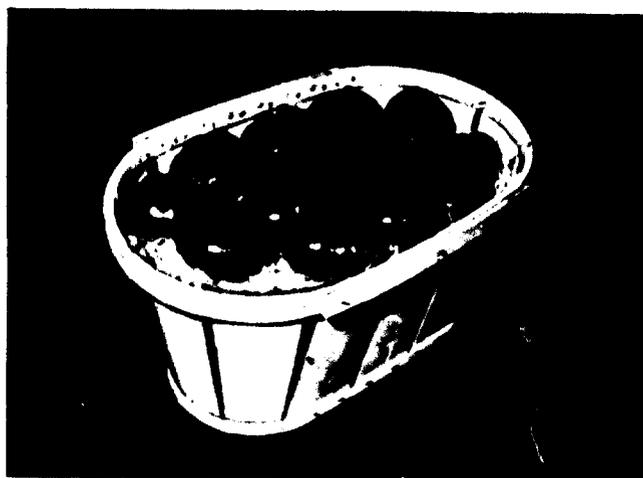


Figura 26. Banastos

El cuerpo de las banastas está constituido por una serie de listas, unas rectangulares y otras trapezoidales (para dar al embalaje su forma cónica). En la parte superior de las listas se fija con grapas una cintura interior de sección trapezoidal o triangular, una banda de revestimiento interior, una cintura exterior de sección trapezoidal o triangular y dos tapajuntas exteriores, y en la parte inferior de las listas se fijan con grapas dos cinturas (una interior y la otra exterior) de sección trapezoidal o triangular y se coloca un tapajuntas en el lado exterior.

El fondo de una banasta se compone de dos tablas longitudinales, con los extremos cortados en cuarto de círculo, engrapilladas a dos travesaños. La tapa se compone de dos tablas longitudinales anchas, con los extremos sesgados, y de dos tablas más estrechas y más cortas engrapilladas a dos o tres travesaños. Los bordes superiores rectos del cuerpo se refuerzan con dos listones o asas.

Los canastos son embalajes encajables, con una sección horizontal en forma de rectángulo cuyos cuatro ángulos están formados por otros tantos cuartos de círculo. Los canastos se construyen de la misma manera que las banastas.

Las jaulas troncopiramidales tienen una sección horizontal rectangular. Se componen de cuatro paneles trapezoidales, constituidos por listas horizontales engrapilladas a listas o chapas verticales por su cara, y de una tapa y un fondo, compuestos por listas longitudinales engrapilladas por su cara a listas o chapas transversales. Se montan por engrapillado angular de las esquinas, que no están provistas de tacos de ángulo (véase la figura 17). Estos embalajes están cayendo en desuso, pues, al ser mucho menos resistentes que las banastas y los canastos, no sirven realmente como embalajes reutilizables, y el hecho de poder apilarse encajados revierte escaso interés en el caso de embalajes desechables.



Figura 27. Banasta troncopiramidal

Los embalajes encajables ocupan aproximadamente un 70% de espacio menos que los paralelepípedicos cuando se almacenen y transportan vacíos. Por su construcción, las banastas y los canastos son muy resistentes, incluso cuando son muy ligeros; además, pueden utilizarse muchas veces. En contrapartida, presentan

numerosos inconvenientes: requieren siempre una tapa; su profundidad los hace inadecuados para el embalaje de productos frágiles; y su forma trapezoidal no se adapta bien a los productos voluminosos o de dimensiones rígidas. Su forma no permite embalar productos según una disposición uniforme, ni utilizar embalajes interiores tales como bandejas con compartimientos moldeados. Su forma, en fin, tampoco permite cargarlos de manera racional en paletas.

### *Embalajes cilindricos o troncocilíndricos*

Estos embalajes tienen sección horizontal circular. Son de construcción complicada y ofrecen muy pocas ventajas y muchos inconvenientes, comparados con otros embalajes.

### *Embalajes entregados sin montar*

Estos embalajes, como su nombre lo indica, se entregan al cliente sin montar para que los monte él mismo, generalmente a mano. Su construcción se basa casi siempre en la concepción de las cajas armadas ya anteriormente descritas. Existen también otros tipos, pero, en la mayoría de los casos, los diseños son o muy complicados o poco resistentes.

### *Cajas para quesos*

Se utilizan para los quesos del tipo Camembert. Se componen de un fondo y una tapa (generalmente mayor que el fondo), constituidos por una chapa perfilada, con una aleta engrapillada perpendicularmente. Los extremos de esta aleta se unen con grapas o con cola.

Las cajitas de madera se utilizan para quesos blandos (véase la figura 28), dado que las cajas de cartón o de material plástico todavía no han resultado satisfactorias para este fin. Las cajas para quesos pueden tener formas muy diferentes: cilíndrica, semicilíndrica, cuadrada, rectangular, romboidal, elíptica, triangular, etc.

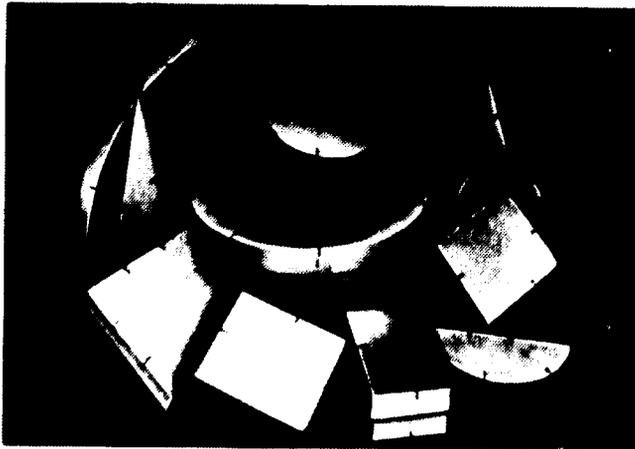
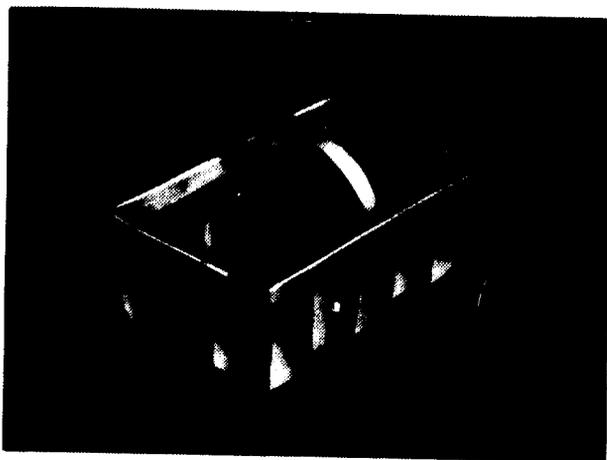


Figura 28. Cajitas para quesos

### *Cestillos*

Los cestillos son embalajes ligeros constituidos por tiras finas entretejidas y/o engrapilladas y se utilizan, generalmente, para frutas pequeñas (fresas, frambuesas, etc.) o para setas. Suelen tener un asa curva que une los bordes superiores de los dos lados (véase la figura 29). Cuando se transportan, suelen colocarse en el interior de embalajes paralelepípedicos más grandes. Los cestillos para frutas pequeñas son casi siempre envases desechables; los cestillos o canastos más grandes utilizados para las setas son reutilizables, a pesar de que su forma no se preste muy bien a ello.



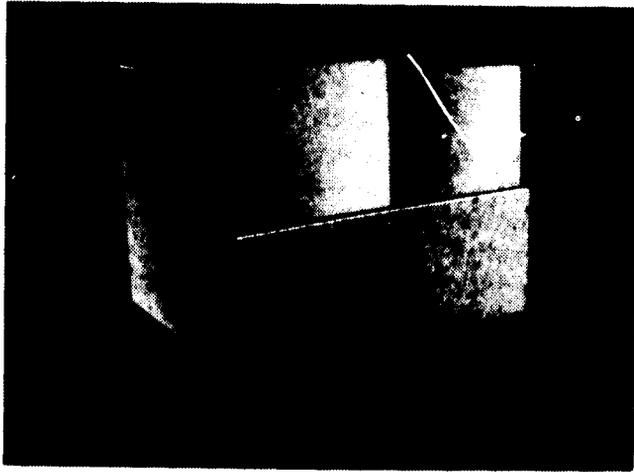
*Figura 29. Cestillos*

### **Embalajes de paneles de partículas**

Los paneles de partículas se fabrican con partículas (fragmentos de pequeñas dimensiones, de cualquier forma, estructura, origen o procedimiento de obtención) de madera o de otras materias lignocelulósicas aglomeradas con diversos adhesivos y a presión. Durante los últimos diez años, la industria de paneles de partículas ha crecido a un ritmo extraordinariamente rápido en el mundo entero. Los paneles de partículas se utilizan principalmente en la industria del mueble y en la construcción, pero, naturalmente, se han estudiado las posibilidades de utilizarlos en la industria del embalaje. Los estudios se han orientado en dos direcciones: la utilización de paneles planos y la fabricación de embalajes a base de paneles de partículas perfilados por moldeo en una sola operación. Estos estudios no han permitido llegar a conclusiones definitivas, pero trataremos de resumir, a continuación, los progresos alcanzados.

#### *Embalajes a base de paneles de partículas planos*

Los paneles de partículas planos de tipo clásico pueden utilizarse para la fabricación de embalajes en las mismas condiciones que los paneles de madera terciada o los de pasta de madera (véase la figura 30). Los paneles de partículas, sin embargo, se curvan mal sin equipo especial y, por consiguiente, no resultan adecuados para la fabricación de cuerpos de toneles y barriles. En cambio, son un



*Figura 30. Embalajes de paneles de partículas planos*

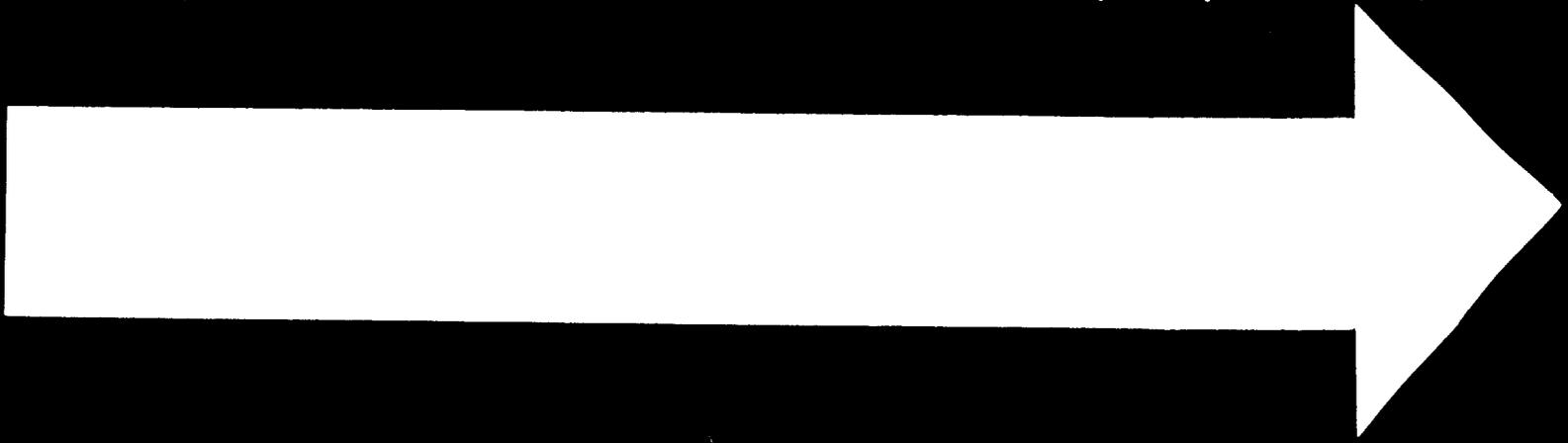
buen sucedáneo de la madera aserrada o de la madera terciada para la construcción de tapas y fondos de cajas. También se utilizan para las tapas y los fondos de barriles con cuerpos de cartón comprimido o cartón enrollado.

Los paneles de partículas presentan una resistencia a la perforación igual a la mitad, aproximadamente, de la de los paneles de madera terciada y son muy vulnerables a los choques. A causa de esta deficiencia, dichos paneles no sirven para la fabricación de cajas engrapilladas, cuadros de cajas armadas, elementos sólidos de embalajes ligeros o elementos no reforzados que formen la totalidad o sólo parte de un panel que deba fijarse directamente a otros paneles adyacentes. Por su baja resistencia a la perforación, es preciso utilizar espesores dobles de los previstos en el caso de la madera terciada para obtener la misma resistencia. Así pues, las posibilidades de utilizar los paneles de partículas en forma de paneles reforzados o para el revestimiento de jaulas parecen muy limitadas; sin embargo, cuando el producto que ha de transportarse pueda distribuirse de manera muy uniforme en el interior de la jaula, es posible que puedan utilizarse paneles de un espesor igual a 1,5 veces el espesor de la madera terciada o del panel de pasta de madera, en cuyo caso el empleo de los paneles de partículas podría resultar económicamente interesante.

Asimismo, en los casos en que el revestimiento de una jaula no tuviera que soportar ningún esfuerzo, cabría contemplar la sustitución de las tablas de madera aserrada por paneles de partículas, aunque la mayor densidad de este material haga a la jaula más pesada, aparte de que, por lo general, los paneles de partículas se fabrican con colas que no aseguran una buena impermeabilización. Para el revestimiento de jaulas o para la construcción de paletas-caja, sería preciso utilizar paneles especiales fabricados con aglomerantes más resistentes a la humedad, como las colas fenólicas, pero estos paneles costarían alrededor de un 30% más y, por consiguiente, es poco probable que llegue a haber una demanda considerable de paneles de partículas para tales embalajes.

#### *Embalajes moldeados a base de partículas*

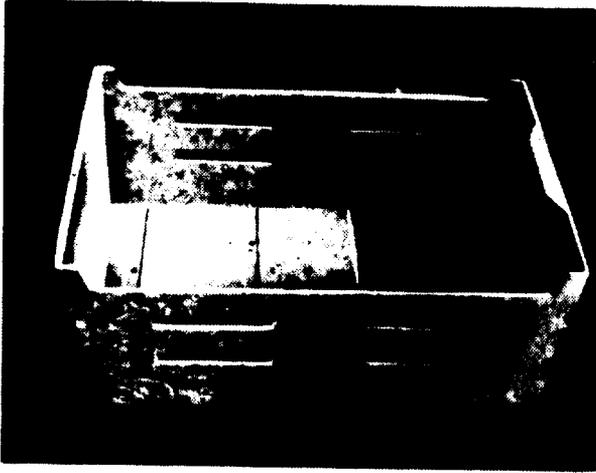
Los embalajes moldeados a base de partículas se obtienen por moldeo directo de la materia prima en una sola operación de fabricación basada en las técnicas de producción de los paneles de partículas. La madera, reducida a partículas, se seca y se



**3 - 12 - 74**



mezcla con un agente aglomerante, como en la fabricación de paneles planos comprimidos. Seguidamente, se inyecta la mezcla de partículas y de aglomerante en un molde calentado, se la somete a presión y se obtiene el producto terminado (véase la figura 31).



*Figura 31. Caja moldeada de partículas*

En la producción de embalajes reutilizables de este tipo, se utiliza una gran cantidad de aglomerante resistente a la humedad (hasta un 25% del peso de las partículas) y se somete el molde a una fuerte presión. Para los embalajes desechables, se utilizan aglomerantes ordinarios, en una proporción no superior al 5% del peso de las partículas, y se aplica una presión relativamente baja. Naturalmente, puede obtenerse toda una gama de resistencias entre estos dos extremos variando convenientemente la cantidad y la calidad de los aglomerantes y la presión. Teóricamente, la fabricación de embalajes de partículas moldeados es interesante, pues pueden utilizarse maderas de ramas de pequeño diámetro o desechos de aserradero que cuestan poco, puede aprovecharse el 85% de estas materias primas y los gastos de mano de obra son mínimos.

En la práctica, este proceso plantea muchos problemas. En la primera etapa (reducción de la madera a partículas, secado y mezcla con aglomerante) se usan técnicas muy perfeccionadas, comúnmente utilizadas a escala muy grande. El moldeo, en cambio, requiere técnicas muy distintas de las empleadas para la producción de paneles planos. Se precisan prensas y moldes especiales, y, aunque los problemas de la inyección y distribución de la mezcla de partículas y colas en los moldes se ha resuelto teóricamente, la ejecución de estas operaciones a nivel industrial ha planteado problemas de orden práctico (ritmos de explotación que deben observarse) a los que todavía no se ha encontrado una solución satisfactoria. Cada modelo de embalaje exige un molde especial, que suele costar alrededor de 10.000 dólares. Por lo tanto, sólo cabe contemplar la producción de embalajes en serie.

Además, como los embalajes moldeados pueden seguir despidiendo vapor de formaldehído durante mucho tiempo, es imposible utilizarlos para productos

percederos, a menos que se los someta a un prolongado período de acondicionamiento antes de su utilización. Los ritmos de producción que pueden alcanzarse están limitados, por un lado, por el tiempo requerido para inyectar la mezcla de partículas y adhesivos en el molde y extraer de éste el producto acabado y, por otro, por el tiempo necesario para la polimerización del adhesivo. El ciclo total dura unos dos minutos por molde.

Las inversiones necesarias son muy elevadas, pues hay que prever más de 500.000 dólares para una línea de producción completa que permita fabricar alrededor de 1,5 millones de embalajes anuales trabajando 24 horas al día. En la práctica, sin embargo, la mayor parte de las prensas distan mucho de trabajar a plena capacidad, a causa de frecuentes interrupciones debidas a fallas mecánicas o eléctricas. Es posible que, en lo futuro, la utilización de equipo más perfeccionado permita alcanzar mayores rendimientos, pero incluso cuando éstos son altos, las inversiones necesarias para la fabricación de un número relativamente reducido de embalajes siguen siendo elevadas. Habida cuenta de los ritmos de fabricación y de la necesidad de trabajar tres turnos de ocho horas por día, la cantidad de mano de obra requerida por embalaje, que a primera vista parece reducida, resulta ser considerable. Se ha calculado que el tiempo de la mano de obra directa requerida para la fabricación de una caja moldeada de partículas para transportar manzanas es del orden de tres minutos, contra solamente cuatro minutos en el caso de una jaula de las mismas dimensiones, también para manzanas, de madera desenrollada montada con grapas.

La complejidad y fragilidad del equipo exigen la presencia permanente de operarios (mecánicos y electricistas) muy especializados. Debe señalarse, por último, que, como el ritmo de producción es constante, las líneas de producción carecen de la flexibilidad necesaria para adaptarse a las necesidades del mercado.

Es probable que, con el tiempo, se consiga perfeccionar la técnica de fabricación de embalajes moldeados de partículas, pero, hoy por hoy, la producción de estos embalajes debe contemplarse con la máxima circunspección y más con la idea de estudiar el proceso que con la de explotarlo a escala industrial.

### **Embalajes mixtos (madera y otro material)**

En la fabricación de embalajes, la madera se combina, a menudo, con uno o más materiales distintos. En general, los embalajes mixtos se diseñan de manera que cada uno de los materiales de que se componen asegure una parte de la protección necesaria. Así, la caja exterior de madera ofrece una protección mecánica, y un revestimiento interior de película de plástico soldada provisto de saquitos de deshidratantes asegura una protección contra la humedad. En algunos embalajes, sin embargo, se emplean dos o más materiales para la construcción de la caja propiamente dicha. Las cajas armadas, en las que se utiliza madera y metal (en forma de alambre) son un ejemplo de esto. Existen también otros tipos de cajas mixtas:

- 1) *Embalajes con zócalo de madera y caja de cartón.* Este tipo de embalaje se utiliza sólo para transportar, en los mercados nacionales, aparatos de uso doméstico, como refrigeradores, máquinas lavadoras, etc. Es práctica corriente fijar el producto a un zócalo de madera, compuesto de dos patines

y dos travesaños, y cubrirlo con una caja de cartón ondulado, interponiendo entre el producto y la caja cuñas de cartón ondulado o de poliestireno estirado. La caja recubre totalmente el contenido y descansa en el zócalo. El conjunto se sujeta por medio de flejes metálicos.

- 2) *Embalajes con estructura de madera recubierta con cartón ondulado o comprimido.* Este tipo de embalaje se compone de un bastidor, con zócalo de madera y una superestructura de paneles (montantes y travesaños de madera) a los que se engrapillan hojas de cartón.
- 3) *Embalajes de paneles mixtos madera/papel.* Los paneles mixtos madera/papel consisten en una chapa de 2 a 5 mm de espesor a la que se han encolado una o dos hojas de papel "kraft". Para poder fabricarlos a un costo razonable, el papel ha de encolarse a la madera verde en cuanto ésta sale de la máquina desenrolladora. Esta técnica exige, por lo general, un equipo relativamente complejo, y en todo el mundo, solamente unas pocas empresas fabrican este material en forma de paneles para revestimiento de cajas y jaulas. Este material se utiliza mucho, en cambio, para la fabricación de cajas de fósforos.
- 4) *Embalajes con estructura metálica y revestimiento de paneles.* Este tipo de embalajes ya fue mencionado al hablar de los embalajes de madera terciada o de paneles de pasta de madera. Esta concepción, de la que nacieron los contenedores de paredes de madera terciada, puede adoptarse también para la fabricación de paletas-caja.

Aparte de los arriba descritos, son pocos los tipos de embalajes en los que la madera va acompañada de otros materiales. Es muy posible que se trate de una laguna en la investigación y que, en lo futuro, se encuentren soluciones muy interesantes en este terreno.

### Toneles y barriles

Este estudio de las distintas concepciones de embalajes de madera no quedaría completo si no se mencionasen los toneles para líquidos y los barriles para sólidos.

Los toneles sirven principalmente para la conservación de vinos y licores espirituosos. Estos toneles y las cubas utilizadas para la vinificación no pueden considerarse, en rigor, como embalajes. Este tipo de recipiente está cayendo en desuso, a causa de su alto costo y su excesiva fragilidad, y está siendo reemplazado por los vagones y los camiones cisterna a fines de transporte.

Los barriles para sólidos son uno de los métodos más antiguos de conservar y transportar mercancías. Por su forma cilíndrica y elíptica, pueden transportarse rodando, lo que facilita la manipulación, pero son difíciles de apilar y de paletizar.

A diferencia de las duelas de los toneles para líquidos que son de madera hendida, las duelas de los barriles de embalar son de madera aserrada. Una vez que se han encajado los fondos en los jables, se completa el montaje del tonel colocando en torno a las duelas aros de madera hendida clavada o aros metálicos. Los barriles de embalar aún se utilizan mucho en numerosos países, pero no se recomienda su desarrollo, por no adaptarse ya a las actuales condiciones de transporte.

En el presente estudio se ha tratado de describir los principales tipos de embalajes usados en nuestros días. Los embalajes mixtos, en los que se combinan dos concepciones diferentes, pueden adoptarse para satisfacer las condiciones peculiares de un país o una región.

Hemos omitido mencionar los pequeños embalajes de madera aserrada, como las cajitas o las cajas de cigarros, que, a nuestro juicio, entran más en el ámbito de la carpintería o la ebanistería que en el de la industria de embalajes. Se han omitido también algunos productos que no pueden considerarse como embalajes, por ejemplo, los carretes de hilo o los tambores para el arrollamiento, transporte y tendido de conductores y cables aislados.

## NORMALIZACION, ENSAYOS DE LABORATORIO Y CONTROL DE CALIDAD

### Normalización

La normalización tiene por finalidad hacer posible:

- a) Una organización racional de la fabricación, desde la fase de materia prima al producto acabado;
- b) El mantenimiento al día de una documentación técnica por una entidad especializada;
- c) La eliminación del despilfarro;
- d) El aumento de la producción;
- e) La regularidad en el funcionamiento de las actividades de fabricación;
- f) La reducción de los costos de fabricación;
- g) La obtención de garantías específicas en materia de calidad, uniformidad y seguridad;
- h) Mejoras en la calidad, cantidad y uniformidad de los productos;
- i) Un aumento en la productividad nacional.

La normalización presupone un proceso de selección. En el caso de los embalajes de madera, la selección se refiere a su forma, sus dimensiones básicas y su calidad.

### *Elección de la forma*

La forma de un embalaje tiene gran importancia, ya que repercutirá en el comportamiento del producto, en la elección del material de relleno o de envoltura, en la solidez de la caja, en el costo del almacenamiento y en el de la devolución de los embalajes vacíos reutilizables.

La actual preferencia por formas muy sencillas, por lo general cúbicas o de paralelepípedo, es una consecuencia de las condiciones del transporte moderno y conviene, por ello, fomentar el empleo de estas formas. Sin embargo, el nivel de desarrollo de un país puede hacer necesario durante cierto tiempo el empleo de formas encajables en ciertos sectores de la producción, a fin de reducir los costos de devolución de embalajes vacíos a largas distancias.

Al nivel internacional, el Comité de Transportes Interiores de la Comisión Económica para Europa (CEPE) en su "Protocolo Internacional" (redactado en 1954

y aprobado en su forma actual como "Resolución n.º 203" en enero de 1967) decidió que los embalajes de madera utilizados en el transporte y en el comercio internacional de frutas y hortalizas deberían ser rectangulares, no utilizándose embalajes encajables tales como cestos y canastos a no ser que fuesen a ser encerrados en embalajes rectangulares de mayor tamaño.

### *Elección de las dimensiones*

Salvo contadas excepciones, la determinación de las dimensiones de los embalajes plantea numerosos problemas y es una fuente inagotable de controversias. En la práctica la normalización de las dimensiones depende de diversos factores determinantes: las dimensiones del producto que ha de embalarse; las dimensiones de la madera utilizada; y las dimensiones de las paletas y del material de transporte que se va a utilizar.

### *Dimensiones de los productos*

Los objetos que han de embalarse son de todo tipo, forma y tamaño, desde frambuesas a las máquinas-herramientas más voluminosas. Resulta difícil imaginar un método de normalización de los embalajes que pudiera adaptarse a todos los productos.

Los productos voluminosos requieren por lo general embalajes especiales, cuyas dimensiones vendrán determinadas por las del producto. Pudiera haber limitaciones impuestas por los medios de transporte, por ejemplo, limitaciones de volumen y de peso prescritas por la red de carreteras o ferroviaria, y por los servicios de manutención (carga total máxima admisible).

Sin embargo, debe estudiarse la normalización del tamaño de los embalajes para productos de pequeño o mediano tamaño, y se plantea el problema de si deben normalizarse las dimensiones interiores o las exteriores. Las dimensiones interiores deben normalizarse, sobre todo para productos industriales de tamaño mediano tales como utensilios domésticos. Para los productos pequeños, y en particular para mercancías deteriorables, tales como frutas, legumbres y hortalizas, la gran variedad de tamaños de los embalajes que se utilizan en el mundo demuestra que no hay por qué prestar demasiada atención a los requisitos dimensionales del producto.

El laboratorio de la TNO en Delft (Países Bajos) demostró en un informe preparado para la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) (Proyecto n.º 372/2, 1960)<sup>2</sup>, que las dimensiones de productos tales como las manzanas tienen poca importancia en lo que se refiere a la elección de embalajes, mientras que productos tales como la lechuga o la coliflor tienen requisitos dimensionales muy estrictos, aunque el informe añade seguidamente que "estas exigencias dependen en gran parte del método de clasificación adoptado".

En Francia se embanan frutas, legumbres y hortalizas de todos los tamaños en embalajes con sólo dos dimensiones básicas: 57 X 34 cm y 50 X 30 cm. En otros países europeos esos mismos productos se embanan en cajas con dimensiones muy

<sup>2</sup>"Normalisation des emballages en bois pour fruits et légumes" ("Normalización de los embalajes de madera para frutas, legumbres y hortalizas") - estudio de las posibilidades de normalización de embalajes de madera desechables para frutas, legumbres y hortalizas en función de los requisitos de la paletización.

variadas, tales como 54 X 39 cm, 65 X 40 cm, 54 X 42 cm, 56 X 37 cm, 51 X 31 cm, y 55 X 38 cm, para no mencionar sino unas cuantas. Se utilizan más de 20 dimensiones básicas que van desde los 43 X 40 cm a los 60 X 46 cm en embalajes destinados a lechugas y otras verduras frescas; para la coliflor se emplean al menos 12 dimensiones diferentes que van desde los 44 X 31 cm a los 78 X 56 cm.

En 1958 y en 1960, la OCDE preparó tres catálogos de dimensiones de los diversos tipos de embalajes de madera utilizados en Europa para frutas, legumbres y hortalizas. Estos catálogos, que abarcan 23 países, incluyen más de 600 tipos de embalajes con más de 250 tamaños básicos<sup>3</sup>.

Las dificultades con que se ha tropezado al intentar normalizar las dimensiones de los embalajes no se deben tanto a problemas matemáticos como al problema de modificar tradiciones ya establecidas. Aunque todo el mundo está de acuerdo en la necesidad de la normalización, cada fabricante piensa que su tipo de embalaje es el mejor y el que debiera adoptarse como norma.

Si se acepta que, o bien por convencimiento o bien por medidas coactivas, resulta posible llegar a un método de normalización en el que se preste relativamente poca atención al producto propiamente dicho, el problema queda reducido al de embalar en cajas de una gama de dimensiones normalizadas cierto número de unidades o un número redondo de kilogramos de mercancías para facilitar así las transacciones comerciales. Posteriormente, este procedimiento pudiera tener importantes repercusiones sobre la normalización de los propios productos.

#### *Dimensiones de la madera utilizada*

Pudiera pensarse que las dimensiones de los embalajes debieran basarse en los tamaños más corrientes en el comercio de la madera aserrada disponible en un determinado país, a fin de reducir el despilfarro de materia prima durante la fabricación. En el caso de los países que importan la totalidad o parte de su madera en forma de madera ya aserrada, este razonamiento estaría justificado. Sin embargo, en los países que producen su propia madera, el volumen que de ésta se utiliza para embalajes es tal que justificaría el corte de tamaños especiales siempre que fuera necesario, sobre todo si se tiene en cuenta que la producción de embalajes en dichos países suele estar en manos de la misma empresa que asierra los troncos. De todo ello resulta que, salvo contadas excepciones, las dimensiones de la madera aserrada disponible no es un factor que haya de considerarse al estudiar la normalización de las dimensiones de los embalajes.

#### *Dimensiones de las paletas y del material de transporte*

Las dimensiones de los vehículos o de las paletas utilizados en el transporte constituyen el tercer factor que ha de tenerse en cuenta al seleccionar tamaños para embalajes. Se utilizan muchos tipos de vehículos: aeronaves, buques, contenedores,

<sup>3</sup> Los tres catálogos son:

- a) Catálogo de tipos y tamaños de embalajes de madera utilizados en Europa para frutas, legumbres y hortalizas (proyecto n.º 372 de la OCDE, septiembre de 1958);
- b) Catálogo de los tipos y tamaños de embalajes de madera utilizados en Europa para frutas, legumbres y hortalizas —suplemento al catálogo publicado en 1958 (libro 33 de la OCDE);
- c) Proyecto de catálogo de tipos y tamaños de embalajes de madera para frutas, legumbres y hortalizas utilizados en diversos países de Europa oriental y en Israel (documento W/TRANS/WP.11/107 del Comité de Transportes Interiores de la CEPE, Ginebra).

trenes, camiones y camionetas. Cada una de estas categorías incluye modelos muy diferentes, por lo que sería imposible enumerarlos todos con sus dimensiones. El único vehículo de transporte normalizado hasta el momento por la ISO son los contenedores ISO de la serie 1, cuyas dimensiones interiores mínimas son: altura, 2.197 mm; anchura 2.299 mm; longitud 11.998, 8.931 ó 5.867 mm. No se ha conseguido hasta la fecha acuerdo alguno en cuanto a las dimensiones internas de los contenedores frigoríficos o termoaislados.

Las dimensiones de las paletas se han estudiado al nivel internacional en función de las dimensiones de los vehículos de uso más frecuente y de la gama general de productos transportados, y no en función de la naturaleza de cada producto. La ISO ha formulado dos recomendaciones referentes a las dimensiones de las paletas:

- a) La ISO-R 198<sup>4</sup>, que establece como dimensiones nominales 800 X 1.200 mm, 1.000 X 1.200 mm y 800 X 1.000 mm.
- b) La ISO-R 329<sup>5</sup>, que establece como dimensiones nominales 1.200 X 1.600 mm y 1.200 X 1.800 mm.

Aunque la Unión Internacional de Ferrocarriles ha establecido en Europa occidental un parque internacional de paletas de 800 X 1.200 mm, la paleta de uso más frecuente en el comercio internacional es la de 1.000 X 1.200 mm. En el cuadro I pueden verse las dimensiones indicadas en la resolución n.º 203 de la CEPE para embalajes destinados a frutas, legumbres y hortalizas, y los porcentajes correspondientes de aprovechamiento de las paletas de distintas dimensiones.

CUADRO I. DIMENSIONES BASICAS DE LOS EMBALAJES PARA FRUTAS, LEGUMBRES Y HORTALIZAS, FIJADAS POR LA CEPE, Y PORCENTAJE CORRESPONDIENTE DE APROVECHAMIENTO DE LAS PALETAS DE DISTINTAS DIMENSIONES

<i>Dimensiones exteriores de embalajes para frutas, legumbres y hortalizas (cm)</i>	<i>Dimensiones de distintas paletas en mm</i>				
	<i>800 X 1.200</i>	<i>1.000 X 1.200</i>	<i>800 X 1.000</i>	<i>1.200 X 1.600</i>	<i>1.200 X 1.800</i>
60 X 40	100	100	90	100	100
50 X 30	94	100	94	94	97
40 X 30	100	100	90	100	100
50 X 40	83	100	100	94	92

De este cuadro se desprende que las paletas de 1.000 X 1.200 mm son las más ventajosas para el transporte de frutas, legumbres y hortalizas.

Como ya se ha indicado la paletización debe adoptarse por sus ventajas inherentes y después se habrá de diseñar todo lo demás en función de la paletización.

<sup>4</sup> Recomendación R 198 de la ISO sobre paletas planas de doble cubierta para el transporte directo de mercancías.

<sup>5</sup> Recomendación R 329 de la ISO sobre paletas grandes para el transporte directo de mercancías.

Se recomienda basar la política de normalización de paletas en las dimensiones establecidas por la ISO. Esto no significa que no puedan considerarse otras soluciones provisionales, pero su adopción podría obstaculizar más adelante una normalización racional de las paletas y los embalajes.

La normalización de los contenedores, llevada a cabo sobre la base de los contenedores ya en uso en los Estados Unidos, ocurrió mucho después de la normalización de las paletas y con total independencia de ella. En consecuencia, las dimensiones internas de los contenedores no han sido adaptadas a las dimensiones de las paletas especificadas de 1.100 mm de ancho. Aunque el empleo de paletas de 1.100 mm de ancho permitiría cargar dos de ellas juntas en un contenedor, ese mismo contenedor acomodará dos paletas de 1.000 X 1.200 mm, una en sentido longitudinal y la otra en sentido transversal. No está demostrado que el índice de aprovechamiento de los contenedores ISO de la serie 1 sea mejor con paletas de 1.100 mm de ancho que con paletas de 1.000 X 1.200 mm. La única diferencia significativa es que las paletas de 1.100 mm de ancho sólo pueden ser de dos entradas, mientras que las paletas de 1.000 X 1.200 mm han de tener cuatro. Parece evidente que para la paletización del transporte resulta preferible disponer, en lo posible, de la paleta de cuatro entradas.

La normalización de las dimensiones de los embalajes resulta posible, pero convendría basarla en la normalización de las paletas; las dimensiones básicas de los embalajes deberán ser submúltiplos de las dimensiones de las paletas, y en particular de las paletas de 1.000 X 1.200 mm.

En 1968 la ISO estableció un comité técnico (TC 122) encargado del estudio de todos los problemas relacionados con los embalajes; el subcomité 1 de este comité se ocupa de todo lo relativo a la cuestión de las dimensiones. Aunque este trabajo se encuentra aún en su fase inicial, tropieza ya con el difícil problema planteado por la existencia de dos sistemas diferentes de medidas: el sistema métrico y el sistema utilizado desde tiempo atrás en el Reino Unido y en los Estados Unidos.

Como complemento de las dos recomendaciones de la ISO anteriormente mencionadas (R 198 y R 329), el Comité Técnico 51 ha formulado la recomendación R 445 (vocabulario de términos relacionados con las paletas).

### *Selección de la calidad*

Aunque la normalización de las dimensiones sea una consideración importante, es probable que la normalización de la calidad de los embalajes lo sea aún más. Las condiciones de transporte pueden variar enormemente según el método de transporte utilizado, la distancia cubierta y el número y la importancia de las operaciones de mantenimiento. En principio, los embalajes deberían diseñarse para las condiciones concretas en las que han de prestar servicio. Esto, sin embargo, es totalmente imposible. En el capítulo 1 se estableció una distinción meramente económica entre embalajes sin retorno y embalajes reutilizables. Aunque esta distinción sea económicamente válida, la definición técnica de los embalajes desde el punto de vista de la fabricación resulta imposible si no se tienen en cuenta las condiciones del transporte. Un embalaje desechable diseñado para el transporte de un producto por una buena carretera no tiene nada en común con un embalaje igualmente desechable destinado al transporte de ese mismo producto a un lugar de destino situado a 2.000 km del punto de origen y a través de una sucesión de medios de transporte diferentes. Esto hace pensar en un sistema de construcción de embalajes de acuerdo

con una escala de niveles mínimos de resistencia y ello conduce a su vez a clasificar los embalajes en varias categorías, según su calidad. Desde el punto de vista del fabricante interesa establecer el número más reducido posible de categorías de acuerdo con una escala ascendente de resistencia, y dejar que el usuario escoja la categoría que más le convenga de acuerdo con sus necesidades.

Sería posible establecer los tres niveles mínimos de resistencia siguientes:

*Nivel 1* – Embalajes con la resistencia suficiente para un sólo viaje por tierra que no suponga ningún riesgo particular;

*Nivel 2* – Embalajes lo suficientemente sólidos para varios viajes por tierra, sin que se prevea, en principio, que vayan a hacer más de un viaje en malas condiciones;

*Nivel 3* – Embalajes sumamente resistentes capaces de ser utilizados durante un largo período en condiciones particularmente duras.

Estos criterios mínimos de resistencia pueden variar de un país a otro, y también con el tiempo, a medida que mejoran las condiciones del transporte. La observación de estos criterios podría conseguirse por dos métodos: uno consistiría en definir con detalle las características que han de reunir los embalajes según su función y su aplicación prevista y el otro en definir ciertos requisitos mínimos de resistencia basados en ensayos de laboratorio.

El primer método tiene la ventaja de definir con detalle los embalajes normalizados de acuerdo con su función, pero tiene el inconveniente de que podría obstaculizar las innovaciones al impedir la fabricación de embalajes que no respondieran a las especificaciones enunciadas. El segundo método da amplio margen a la imaginación para el desarrollo de nuevos métodos de fabricación y de nuevas aplicaciones, pero tiene, en cambio, el inconveniente de necesitar el empleo de un laboratorio y de no especificar medidas prácticas para la fabricación de embalajes que pueden satisfacer los ensayos. Para adaptarse a condiciones cambiantes, los laboratorios tendrían que revisar con frecuencia sus métodos de ensayo, a fin de asegurar que los métodos correspondieran a las condiciones reales de transporte.

El examen de estas ventajas y estos inconvenientes lleva a la conclusión de que la normalización cualitativa debe basarse en una combinación de ambos métodos. La normalización se basaría en determinadas pruebas de resistencia a que serían sometidos los embalajes en un laboratorio. Sobre la base de los resultados de estas pruebas, se formularían especificaciones detalladas, no en forma de reglamentación obligatoria, sino de recomendaciones que se revisarían periódicamente. Estas especificaciones se agruparían en dos categorías: especificaciones generales referidas a los embalajes en general o a determinadas categorías de ellos, con instrucciones relativas a la clasificación de las especies maderables —de acuerdo con su idoneidad para el tipo de aplicación considerado, con la calidad de la madera, su contenido de humedad y las condiciones generales de fabricación; y especificaciones particulares, con detalles precisos sobre cada embalaje y, concretamente, sobre su construcción, las dimensiones de sus distintos componentes y los métodos de ensamblaje.

Estas especificaciones servirían de guía a los fabricantes, quienes, al mismo tiempo, podrían adoptar otras que les sirviesen para mejorar la productividad o para conseguir la misma resistencia con menos madera, hecha la salvedad, claro está, de que el embalaje así fabricado cumpliera con los requisitos derivados de los ensayos de laboratorio.

Esta normalización cualitativa es tan importante que parece extraño que se la haya podido olvidar. La seguridad de que los embalajes han de satisfacer ciertos requisitos de resistencia permitiría a los usuarios seleccionar aquellos tipos de embalaje cuya resistencia se adaptase mejor a las condiciones en que fueran a ser utilizados.

Para los transportistas, este procedimiento tendría la ventaja de reducir los desperfectos ocasionados a los embalajes con tal de que se observasen los requisitos mínimos de calidad fijados para cada categoría y se garantizasen mediante un control periódico de la producción. Para el fabricante la normalización cualitativa supondría el final de la competencia deshonesta consistente en suministrar embalajes de calidad inferior a precios más bajos para asegurarse un mercado. A los compradores se les garantizaría un nivel mínimo de resistencia para todos los productos, y la competencia se desarrollaría sin merma alguna de la calidad. Desgraciadamente, los problemas de la normalización cualitativa de los embalajes no han sido objeto de muchos estudios al nivel internacional. La ya mencionada resolución n.º 203 de la CEPE describe métodos de ensayo —con los resultados que deben dar— para embalajes de frutas, legumbres y hortalizas. El Subcomité 3 del Comité Técnico 122 de la ISO está formulando programas de ensayo. Se espera que este Subcomité elabore en su día métodos y programas susceptibles de ser aplicados por todos los laboratorios.

### Ensayos de laboratorio

Existen indudablemente muchas maneras de fabricar un embalaje para un fin concreto (aunque no todas ellas sean racionales). Entre los métodos que resulten mejores desde el punto de vista técnico, se deben elegir los que supongan un mayor ahorro de materias primas y de mano de obra y cuyo factor de utilización sea también superior.

Hasta hace poco, la decisión de fabricar un embalaje de una manera u otra dependía de la experiencia y del ingenio de los fabricantes, de los usuarios y de los transportistas. Sin embargo, los representantes de estos grupos no están totalmente de acuerdo respecto de lo que para ellos sería el embalaje ideal y profesan al respecto una gran diversidad de opiniones. Todo parece aconsejar que se proceda a la investigación y a la verificación práctica de las distintas opiniones y propuestas por medio de ensayos sistemáticos de laboratorio antes de acometer un programa de producción en serie.

Pese a su índole algo teórica, los ensayos de laboratorio tienen un gran valor, pues permiten, por ejemplo, someter dos embalajes similares a un esfuerzo determinado, repetirlo o modificarlo, aplicarlo a una parte de cada embalaje, etc., y comparar así el comportamiento exacto de los dos embalajes, o de las dos partes. Tales ensayos, que no llevan mucho tiempo, pueden suministrar más datos valiosos que meses o incluso años de experiencia práctica. También resulta posible reproducir en los laboratorios todas las condiciones climáticas a que pueden estar sometidos los embalajes.

La elección de los ensayos que deben efectuarse y de los métodos a utilizar ha sido siempre un punto de vital importancia. Numerosos son los estudios emprendidos tanto al nivel nacional como al internacional (sobre todo por el Subcomité 3 del Comité Técnico 122 de la ISO) para definir y normalizar tipos y métodos de ensayos y los resultados que deben conseguirse.

Los siguientes requisitos son de rigor en lo referente a los tipos y métodos de ensayo:

- a) Los ensayos deben reproducir con la mayor fidelidad posible los esfuerzos a que son sometidos normalmente los embalajes y que pudieran ocasionar su destrucción parcial o total o la de su contenido. El método de ensayo debe reproducir lo más exactamente posible las causas de los desperfectos reales, o reproducir desperfectos idénticos a los que se estudian, aunque sean originados por un esfuerzo diferente.
- b) Los ensayos deben permitir una evaluación de la resistencia de embalajes de distinta fabricación, a fin de que puedan compararse con facilidad.
- c) Los métodos de ensayo deben ocasionar daños evidentes y, de ser posible, daños que se puedan medir objetivamente, a fin de eliminar toda necesidad de interpretar subjetivamente los resultados.
- d) Los ensayos deben ser reproducibles en todos sus detalles.
- e) Los ensayos deben ser de ejecución sencilla y rápida.

Así pues, deben escogerse los ensayos de acuerdo con su capacidad para simular los esfuerzos a que son sometidos los embalajes durante las operaciones de manipulación y de transporte. Se describen a continuación los esfuerzos más corrientes.

#### *Condiciones climatológicas*

Según cual sea su punto de origen y su lugar de destino, los embalajes y su contenido pueden ser sometidos a distintas influencias climatológicas, tales como cambios de temperatura o de humedad, aire salino o tormentas de arena. El laboratorio debe poder reproducir las condiciones climatológicas que prevalecerán en las distintas etapas del viaje durante cada estación del año. Por resultar imposible efectuar ensayos climatológicos especiales para cada uno de los embalajes, el Subcomité 3 del Comité Técnico 122 de la ISO ha establecido la siguiente escala de condiciones climatológicas con ocho niveles diferentes de temperatura y de humedad: muy frío ( $-55^{\circ}\text{C}$ ), frío ( $-18^{\circ}\text{C}$ ), clima templado húmedo ( $15^{\circ}\text{C}$  y 85% de humedad relativa), templado ( $20^{\circ}\text{C}$  y 65% de humedad relativa), templado seco ( $23^{\circ}\text{C}$  y 50% de humedad relativa), caluroso húmedo ( $38^{\circ}\text{C}$  y 85% de humedad relativa) y caluroso seco ( $60^{\circ}\text{C}$  y 30% de humedad relativa). Sólo se han tenido en cuenta aquellas condiciones climatológicas que pueden tener una repercusión notable sobre la resistencia de los embalajes.

#### *Apilamiento*

Los embalajes son invariablemente apilados en una u otra fase de la operación de transporte. Al apilarse embalajes llenos el peso de la pila entera reposa sobre el embalaje inferior que será pues sometido a una fuerza vertical cuya magnitud dependerá del peso y del número de los embalajes apilados. Es frecuente apilar embalajes hasta alturas de 4 ó 5 metros, aunque pueden alcanzar alturas de hasta 10 metros como sucede en las cámaras frigoríficas.

El peso puede distribuirse en la cara superior del embalaje de modo uniforme o no, según que la pila esté formada por embalajes homogéneos o heterogéneos y según

sean el tamaño y la forma de sus respectivas superficies de contacto. El peso sobre un embalaje tiende no sólo a comprimirlo sino también a deformarlo. Al ensayar embalajes, los métodos empleados deben tener en cuenta deformaciones similares a las que ocurren en una pila.

Las prensas dotadas de platos rígidos no permiten esta deformación: por consiguiente no sirven para este tipo de ensayo aunque pudieran servir para un ensayo comparativo de materiales. Son más convenientes las prensas con platos ajustables en el plano horizontal y en el vertical. Los ensayos de apilamiento pueden llevarse a cabo con suma facilidad colocando un peso sobre el embalaje. El Subcomité 3 del Comité Técnico 122 de la ISO ha definido un método de ensayo de la resistencia al apilamiento que responde a las condiciones arriba indicadas.

### *Vibración durante el transporte*

La vibración causada por los propios vehículos es un rasgo inherente a todo transporte y origina movimientos de vaivén que tienden a deformar los embalajes. Los tipos de vibración difieren básicamente en los distintos medios de transporte: aeronaves, buques, trenes, o camiones.

Este tipo de esfuerzos puede reproducirse ya sea mediante una mesa vibratoria que funcione con una frecuencia y amplitud seleccionadas conforme al medio de transporte utilizado, o por medio de una mesa especial que reproduzca la secesión de sacudidas verticales que ocurren en el transporte por carretera. Como los embalajes suelen ir apilados durante su transporte, los ensayos deben llevarse a cabo con un peso encima del embalaje que corresponda al peso de una pila cuya altura esté de acuerdo con el método de transporte que se considere. El Subcomité 3 del Comité Técnico 122 de la ISO ha definido un método de ensayo con empleo de mesa vibratoria.

### *Choques durante el transporte*

Los choques son muy frecuentes durante el transporte. En el transporte aéreo se deben, por ejemplo, a los inevitables baches. En el transporte por ferrocarril suceden durante las maniobras en las estaciones de clasificación, pero su frecuencia puede reducirse mejorando el trazado y funcionamiento de las instalaciones de maniobra. Los choques ocasionan el desplazamiento de las mercancías en el interior de los embalajes y se definen por su valor máximo de desaceleración y por su duración.

En el pasado los choques se han reproducido en los laboratorios de manera inexacta por medio de ensayos sobre un plano inclinado. Estos aparatos ocasionan un choque cuya curva de "tiempo de desaceleración" es completamente distinta de la registrada para los choques acaecidos durante el transporte; la desaceleración máxima viene a ser unas cinco veces mayor y su duración unas 10 veces menor. Por ello, no debe utilizarse este tipo de ensayo, sino que debe ser reemplazado por uno que reproduzca con mayor fidelidad los choques sufridos durante el transporte.

### *Caidas*

Durante su manutención, los embalajes pueden caerse por accidente o porque el operario los tire o los deje caer en vez de colocarlos en su sitio con el debido cuidado. Otras caídas se deben a defectos en el equipo para la manutención mecánica, sobre todo en instalaciones portuarias, o por no estibarse los embalajes como es debido.

El número y la importancia de las caídas dependen del peso bruto del embalaje y, en menor medida, de su tamaño: cuanto más pesado o más voluminoso sea un embalaje menos probabilidades tiene de ser tratado de mala manera. Las caídas son accidentes muy frecuentes pero no deben considerarse como una característica inherente al transporte. No son esfuerzos normales y la responsabilidad al respecto le corresponde al transportista. Sería posible eliminarlas mejorando las instalaciones de manutención y educando a los operarios encargados de ellas a que fueran más cuidadosos. No obstante, resulta necesario efectuar algunos ensayos de caída, aunque situándoles en una perspectiva adecuada y no utilizándolos, como sucede a menudo, como base del ensayo de resistencia de los embalajes.

Los laboratorios reproducen las caídas mediante pruebas de caída libre, que consisten en dejar caer el embalaje desde cierta altura, sobre una superficie rígida, ya sea de plano, sobre un borde, o sobre una esquina. El Subcomité 3 del Comité Técnico 122 de la ISO ha definido algunos métodos para pruebas de caída libre. También es posible reproducir las caídas mediante el empleo de un tambor volteador con un dispositivo interno que gira en torno a un eje horizontal, haciendo caer al embalaje en todas las posturas imaginables. Aunque este aparato facilita el método de ensayo y permite tener más en cuenta la forma del embalaje que las pruebas de caída libre, los embalajes no caen nunca en idéntica posición, por lo que este método no puede considerarse reproducible. Esta es la razón de que no haya sido adoptado por el Subcomité 3 del Comité Técnico 122 de la ISO. Sin embargo, los tambores volteadores que se utilizan en los laboratorios de todo el mundo siguen las normas de la American Society for Testing Materials (ASTM). Otro tipo de ensayo que puede utilizarse para embalajes bastante grandes es la prueba de rodamiento, que consiste en pivotar el embalaje sobre cualquiera de sus aristas y hacerlo rodar de modo que vaya cayendo sucesivamente sobre cada una de sus caras.

Además de someter los embalajes a ensayo, los laboratorios tienen que hacer otro tanto con los materiales que entran en su fabricación para asegurarse de que cumplen con las normas establecidas.

Los laboratorios llevan a cabo sus ensayos desde dos perspectivas distintas, que se corresponden con dos necesidades también distintas. En primer lugar, si lo que se pretende es determinar si un embalaje satisface o no los niveles de resistencia mínimos, se seguirá en los ensayos un orden preestablecido, llevándose a cabo cada ensayo de acuerdo con criterios de intensidad fijados de entemano en función de la resistencia que se debe garantizar para cada uno de los diversos niveles fijados. Esta serie de pruebas reproduce con toda la fidelidad posible la serie de esfuerzos a que será sometido el embalaje lleno (o vacío si es reutilizable) mientras siga en servicio. Los resultados en las pruebas demostrarán si el embalaje sigue siendo capaz de proteger su contenido, y si, en consecuencia, está a la altura del nivel de resistencia mínimo de que se trate.

El Subcomité 3 del Comité Técnico 122 de la ISO ha establecido el siguiente orden para los ensayos: envoltorios internos, apilamiento, choques, condiciones climatológicas, vibración, y nuevamente apilamiento y choques. El Subcomité está tratando de definir los niveles de intensidad de cada uno de estos ensayos.

En segundo lugar la finalidad de las pruebas puede consistir en comparar la resistencia de dos embalajes distintos para determinar cuál tiene mayor resistencia, o en localizar los puntos débiles de un embalaje con miras a su eliminación. En estos casos, conviene escoger pruebas apropiadas de entre las ya mencionadas, o ensayos de otra índole. Los ensayos deben proseguirse hasta la ruptura del embalaje.

Evidentemente, no es seguro que el primer ensayo que se efectúe sea el más adecuado, por lo cual deberá repetirse la investigación con otro ensayo distinto. Estas investigaciones son fundamentales y, pese a que es frecuente creer que se conoce ya muy bien los embalajes de madera, los ensayos sistemáticos han servido y seguirán sirviendo para perfeccionar el diseño de tales embalajes.

Aunque las pruebas de caída no deben considerarse como el único tipo de prueba para determinar la calidad de un embalaje, pueden servir de punto de partida para otras investigaciones. Por ejemplo, las pruebas de apilamiento y de vibración tienen poca utilidad si de lo que se trata es de mejorar la unión entre los elementos clavados de una caja de madera aserrada, puesto que es difícil proseguir la prueba hasta la destrucción del embalaje. Sí servirían en cambio las pruebas de caída con tambor volteador variando el tamaño, el peso y los métodos de ensamblaje de los embalajes. De esta manera, ha resultado posible, entre otras cosas, descubrir la repercusión de la forma sobre la resistencia de un embalaje, comparar las respectivas ventajas del empleo de clavos lisos, de clavos con estría helicoidal, de clavos finos o de grapas (los clavos lisos de uso más corriente han resultado ser demasiado cortos, por lo general), contrastar y dar un valor numérico preciso a las mejoras conseguidas con el empleo de clavos con estría helicoidal, y elaborar especificaciones para embalajes "homogéneos", es decir, para embalajes que no se rompen siempre por el mismo sitio.

Para determinar la resistencia de los embalajes ligeros, deben utilizarse las pruebas vibratorias hasta la ruptura del embalaje. De ser necesario, pueden incrementarse la frecuencia y la amplitud de las vibraciones más allá de los niveles utilizados normalmente en los ensayos de evaluación.

Al probar paletas, los ensayos de caída libre, desde una altura determinada y de manera que la paleta caiga sobre uno de sus vértices, permite medir la deformación producida por cada número de caídas y por el tipo de éstas.

## Control de calidad

Pese a la importancia de las especificaciones y de los ensayos, queda aún por garantizar en la práctica la calidad uniforme de los embalajes y su cumplimiento de las especificaciones y de los requisitos de resistencia mínimos establecidos. Los usuarios tienen derecho a que se les garantice la calidad y deben poder distinguir entre embalajes de buena factura y embalajes de diseño o fabricación mediocres. Desgraciadamente, los primeros suelen costar más que los segundos, puede resultar difícil suministrar pruebas bien claras de la calidad de los embalajes en el momento de su compra.

Para poder distinguir los embalajes buenos de otros inferiores, se han establecido marcas de calidad (o de conformidad con normas establecidas) y procedimientos de control de calidad. Los fabricantes o grupos de fabricantes de confianza, conscientes de la calidad de sus productos, no dudan en poner su marca en ellos. Sin embargo, para que algunas de estas marcas lleguen a ser símbolos de calidad para el gran público, hace falta un esfuerzo considerable acompañado de abundante publicidad. Estas marcas de fábrica se basan solamente en la calidad de fabricación y en la conciencia profesional de los propios fabricantes. Sin embargo, el que una marca llegue a ser bien conocida depende muchas veces de la fuerza financiera del fabricante y de la difusión y eficacia de sus campañas de publicidad.

Las marcas de calidad otorgadas por asociaciones de fabricantes indican que dichos fabricantes están dispuestos a observar ciertas reglamentaciones precisas y bien conocidas. Sería posible sin embargo poner en duda el valor de estas marcas por ser la propia asociación de fabricantes la que establece las normas y la que otorga la respectiva marca de calidad.

Un sistema nacional de marcas de calidad otorgadas por entidades independientes, con las debidas garantías de imparcialidad, sería tal vez la mejor solución del problema del control de la calidad. Los fabricantes con derecho a utilizar una marca nacional de calidad podrían fabricar otros productos de calidad inferior, con tal de que no llevaran dicha marca.

Sería preferible que el sistema de la marca de calidad prosperara, a causa de las ventajas que su garantía reporta al usuario y no por las ventajas financieras que pudiera reportar al fabricante, aunque estas últimas podrían contribuir notablemente al establecimiento y desarrollo de semejante sistema. Se debe tratar de evitar todo sistema de marcas de calidad impuestas por una entidad fiscalizadora, ya que este procedimiento equivaldría a una normalización obligatoria.

La normalización obligatoria de un determinado tipo de embalajes pudiera, claro está, resultar útil e incluso necesaria, en ciertas ocasiones, especialmente cuando la industria del embalaje se encuentra en sus fases iniciales o cuando se está desarrollando un nuevo tipo de recipiente, con miras a impedir la proliferación de muchos tipos de embalaje o, por el contrario, a fomentar la difusión en el mercado de un tipo de embalaje que responda bien a las necesidades del momento. La normalización obligatoria también puede resultar necesaria para defender a los consumidores contra prácticas fraudulentas o poco honestas de los fabricantes. Sin embargo, en todos estos casos se obviaría la necesidad de las marcas de calidad por imponer la ley los mismos requisitos de calidad para todos los embalajes. Para que una marca tenga algún valor —y esto dependerá de la reputación de la entidad que la otorgue y de los documentos que la avalen— este habrá de ser determinado ante todo mediante ensayos independientes e imparciales.

El control de los embalajes se lleva a cabo en tres fases:

- a) Durante la fase de laboratorio —que comprende tanto los ensayos de evaluación inicial como el subsiguiente control rutinario de la calidad— se determina el nivel de resistencia, se detectan los puntos débiles del embalaje y se analizan las posibilidades de introducir mejoras en su fabricación.
- b) Durante el uso en la práctica se efectúan inspecciones periódicas, tanto en el punto de origen como en el lugar de destino de los embalajes. Las inspecciones en el lugar de destino permiten examinar un gran número de embalajes de muy distinta procedencia, lo que permite verificar cómo han resistido los embalajes el proceso de transporte real y dar a los laboratorios información muy valiosa sobre la idoneidad de sus métodos de ensayo y los niveles de intensidad seleccionados para las pruebas. A su vez, esta información permite a los laboratorios modificar y perfeccionar continuamente los métodos y las instalaciones de ensayo. Los fabricantes también pueden conseguir de esa verificación datos muy valiosos sobre la medida en que sus embalajes satisfacen las necesidades de los usuarios.
- c) Durante la fase de fabricación, un control periódico permite verificar si los embalajes cumplen las especificaciones fijadas y pueden tomarse muestras para su ensayo en un laboratorio.

Existen varias razones por las que no resultaría práctico encomendar a un representante de la entidad responsable de la marca la inspección de todos los productos que llevan dicha marca. Un tal sistema podría originar abusos y sería muy costoso por exigir la presencia de un inspector prácticamente en cada fábrica. Al mismo tiempo, serviría para desplazar la responsabilidad del fabricante al inspector. Una inspección de esta índole sería más represiva que educativa, y la misión de la inspección consiste en orientar a los fabricantes informándoles sobre los puntos débiles y los defectos de sus productos.

La verificación de la marca de calidad no debe basarse en la fiscalización de la producción, sino en la del sistema de control de calidad establecido por el propio fabricante, pues es imposible que una empresa produzca artículos de una calidad uniformemente alta sin haber adoptado previamente un buen sistema de inspección de su producción. Esta autoinspección no sólo garantiza el mantenimiento de la calidad deseada sino que les permite a los fabricantes ir mejorando tanto su producción como su productividad.

El control de la marca de calidad servirá pues para garantizar la conformidad entre los productos que llevan una marca y las especificaciones establecidas para ellos.

Con el control en fábrica se comprueba el cumplimiento de una especificación dada para un determinado embalaje. De hecho, suele ser meramente visual o requerir instrumentos de medida muy sencillos y debe abarcar los siguientes puntos en particular:

- a) *La calidad de la madera.* El control de la calidad de la madera es necesario para eliminar aquellos componentes que presenten defectos — como nudos, rajaduras y mohos — por encima de los límites tolerables, y también para comprobar que no se emplean componentes de calidad demasiado superior a la requerida, lo que elevaría inútilmente los costos de fabricación.
- b) *Precisión en el corte de la madera aserrada.* Debe verificarse la precisión de las dimensiones de la madera aserrada que se utilice (longitud, anchura, grosor) para asegurarse de que no existen errores en tales dimensiones y de que éstas se mantienen dentro de las tolerancias establecidas. El grosor de la madera desarrollada y rebanada suele caer sin dificultad dentro de los límites tolerables si las máquinas están en buenas condiciones, pero en el caso de la madera aserrada pudiera haber considerables variaciones en su grosor debido a errores de los operarios, como un ajuste defectuoso de la sierra o de la aserradora. Para mejorar la calidad del aserrado es necesario conocer mejor estas variaciones, cosa que se puede conseguir aplicando métodos estadísticos sumamente sencillos y calculando la desviación típica por medio de la recta de Henry. Por ello, con sierras de cinta viejas es preciso aserrar a un grosor de 5,6 mm para estar seguro de que el 95% de las tablas aserradas tengan un grosor mínimo de 4,5 mm, mientras que con una aserradora mecánica en buen estado basta con fijar dicho grosor en 5 mm. Esta verificación demuestra cómo puede mejorarse el aprovechamiento de la materia prima (en más de un 10% en el ejemplo aquí citado).
- c) *La calidad del corte.* Con la madera aserrada no suelen presentarse problemas, pero en el caso de la madera rebanada o de la desarrollada aparecen a menudo piezas de calidad inferior por estar agrietadas. Estas

grietas se deben a las técnicas de rebanado o de desenrollo, pero pueden evitarse con el empleo de máquinas en buenas condiciones, y con un ajuste adecuado de sus piezas más importantes (cuchilla y barra compresora).

- d) *La calidad del engrapado y del enclavado de los componentes planos.* El control de este extremo requiere la verificación de que los clavos o grapas hayan sido introducidos en el lugar adecuado y remachados como es debido y que los posibles errores en el escuadreo de los tableros no excedan de los límites fijados.
- e) *La calidad del montaje.* Como la precisión en la colocación de los clavos y las grapas y en la disposición de los tableros debe mantenerse dentro de tolerancias establecidas, este factor debe ser verificado cuidadosamente. La verificación no debe limitarse a la fase final de la cadena de montaje, cuando el embalaje esté ya terminado, sino que ha de efectuarse en cada fase de la fabricación, pues su finalidad consiste en impedir que se fabriquen embalajes defectuosos y no en eliminarlos una vez fabricados. Tan pronto como se observa un defecto, debe procederse a su investigación en el mismo puesto o máquina en que se ha producido para averiguar la causa y corregirlo lo antes posible. Se comprende fácilmente que pueden reducirse las causas de los defectos utilizando un equipo adecuado y manteniéndolo en buenas condiciones.

En las grandes empresas tal vez resulte posible nombrar inspector a un empleado, pero este método puede que no convenza a los operarios de la importancia de hacer bien su trabajo. Otro método de control, algo más difícil de organizar pero sin duda alguna mucho más eficaz para la productividad, es el siguiente: cada empresa está dividida en cierto número de departamentos, tales como serrería, fabricación de tableros, montaje y almacenamiento. Cada departamento "vende" sus productos al siguiente departamento y ha de inspeccionar su propio trabajo; el departamento "comprador" inspeccionará a su vez la calidad de estos productos, al aceptar su entrega, mediante un muestreo basado en métodos estadísticos sencillos y aplicando criterios previamente fijados. Entonces aceptará o rechazará el lote que se le ofrece. Cuando el capataz tiene que reconocer que el rechazo de un lote está justificado, el departamento "vendedor" tendrá que verificar el lote artículo por artículo eliminando los que hayan salido defectuosos. A este efecto, se instituirá un sistema de primas sobre la calidad para evitar la proliferación de lotes rechazables, pues los productos defectuosos perjudican a la empresa entera y a la moral misma de los trabajadores. Este sistema de control debe comenzar en el departamento de corte de la madera y extenderse de allí a otros departamentos, en el buen entendimiento de que en un principio no se rechazarán lotes, sino que se estudiarán los resultados de la inspección para determinar las causas de que ciertos artículos salgan defectuosos, con miras a eliminar dichas causas y no meramente las consecuencias.

Un buen sistema de control en fábrica, como el que acabamos de describir, ahorraría mucho dinero al fabricante de embalajes de madera. En la fabricación de embalajes se aceptan con demasiada frecuencia maderas de cualquier calidad --buena o mala-- y componentes cuyas dimensiones no pasan de ser aproximadas, procediéndose luego a su montaje sin demasiado orden ni concierto. Para compensar defectos, que casi siempre son de fabricación y no deficiencias de la madera, los fabricantes utilizan componentes más gruesos o de sección transversal mayor que la especificada, con la consiguiente elevación de los costos de producción. Con un buen

sistema de diseño de embalajes, materiales de buena calidad, y un sistema de inspección eficaz, puede reducirse considerablemente el volumen de la madera utilizada en la fabricación de embalajes de determinada resistencia. Con frecuencia se pueden conseguir ahorros de hasta un 30% en materias primas, lo que permite compensar sobradamente el costo de un sistema de inspección.

Para que un sistema de control sea eficaz —es decir, que se traduzca en mejoras en la calidad sin que aumenten los costos de fabricación en ahorros de materias primas y en un aumento de la productividad— han de satisfacerse cierto número de condiciones. Los operarios tienen que entender qué es lo que se espera de ellos y por qué motivo. Debe pagárseles bien pero sólo por el trabajo bien hecho, y deben saber qué aspectos tienen que verificar y que su trabajo será inspeccionado ulteriormente. Las máquinas deben poder realizar el trabajo especificado dentro de las tolerancias admitidas, pues no se puede exigir del operario lo que su máquina no le permite realizar. Las tolerancias establecidas deben ser conocidas por todos los interesados. El equipo de verificación necesario debe estar a disposición de todos —micrómetros, pies de rey, varas de medir y galgas de espesor—. Por ejemplo, no debe emplearse un metro ordinario para medir el espesor sino un micrómetro o un pie de rey. La fábrica debe estar organizada de modo que permita una inspección metódica de la labor realizada, y la dirección debe adoptar una actitud positiva respecto de la inspección, siendo también necesario que los capataces comprendan el valor y la importancia de una verificación detenida.

## Capítulo 5

# FABRICACION

### Procesos técnicos y elección de maquinaria

Muchos son los procesos técnicos empleados en la fabricación de los numerosos tipos de embalajes de madera actualmente en uso. El presente estudio se concentra en los procesos de fabricación de paletas y cajas clavadas, embalajes oblongos ligeros, y cajas armadas. Para cada proceso se ha preparado un diagrama en el que se indican las operaciones sucesivas que tienen lugar desde la fase de aserrado de los troncos en el aserradero hasta el almacenamiento de los productos acabados. Estos procesos pueden llevarse a cabo bien sea como una cadena completa de producción (integración vertical) o eslabón por eslabón (integración horizontal). De acuerdo con ciertos criterios económicos, el proceso de fabricación puede dividirse en sectores diferentes, que pueden estar ubicados o no en el mismo lugar y que pueden integrarse o no en un complejo maderero mayor.

Debe tenerse en cuenta que todas las cifras que figuran en este capítulo son simples órdenes de magnitud cuyo objeto es facilitar la comparación, por lo que no pueden utilizarse como base para el estudio de casos particulares. Las cifras relativas a las inversiones sólo comprenden la maquinaria principal de fabricación, y no incluyen los costos de edificios ni de equipo auxiliar o secundario. Al calcular el número de trabajadores necesarios se ha dado por supuesto que las fábricas están bien organizadas y que su personal es competente.

#### *Paletas y cajas clavadas de madera aserrada*

Como el proceso de fabricación de cajas clavadas de madera aserrada es muy similar al de producción de paletas, discutiremos seguidamente el proceso general de producción de ambas. Esto facilitará la definición de los problemas generales, de la que más adelante nos serviremos al estudiar las economías de escala.

El procedimiento indicado en la figura 32 es muy similar, en gran parte, al seguido en los aserraderos convencionales, tanto por lo que se refiere a la cantidad de madera aserrada que permite obtener como a los medios empleados al efecto.

#### *Troceado de los rollizos en el aserradero*

Los rollizos se transportan generalmente al aserradero en camiones especiales equipados con dispositivos de carga y descarga. El troceado se efectúa con equipo móvil (sierras de cadena accionadas por uno o dos operarios, según el diámetro de los rollizos) o con equipo fijo (los rollizos se transportan por medio de transportadores de cadena y se cortan con sierras de cadena o con sierras circulares de gran diámetro).

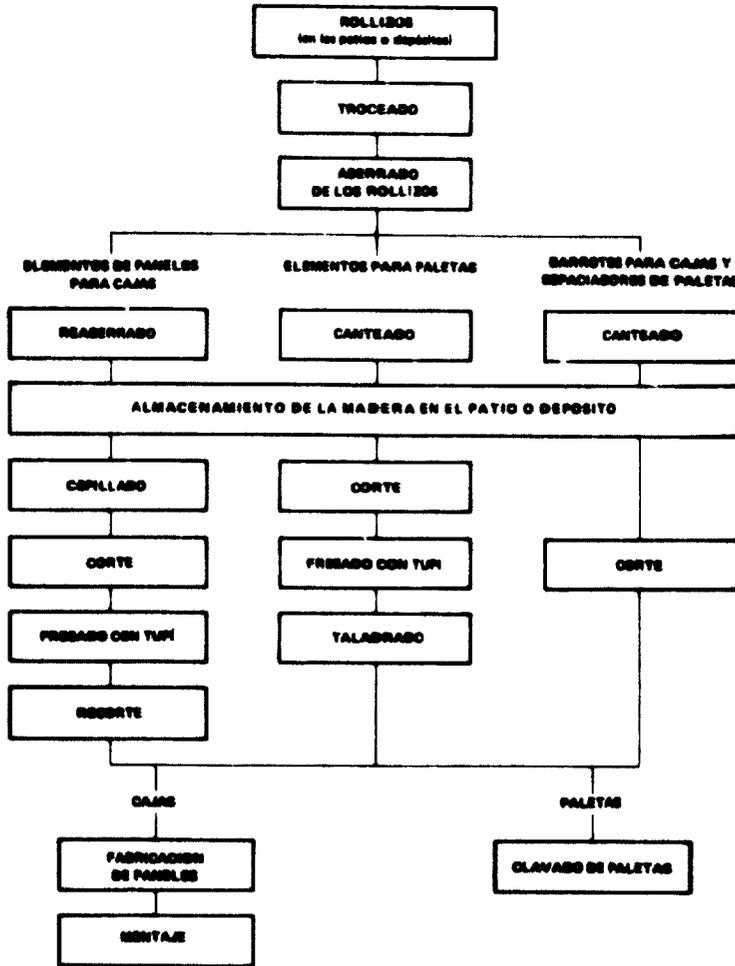


Figura 32. Proceso de fabricación de paletas y cajas clavadas

Según la cantidad de madera que haya de elaborarse diariamente, las operaciones de mantenimiento de los rollizos se efectuarán por alguno de los siguientes medios: manualmente —mediante palancas de gancho—, o por medios mecánicos: bogies, carretillas de horquilla elevadora, transportadores de cadena o grúas móviles.

### Aserrado

Como sierra cabecera, es indispensable una sierra de cinta para rollizos, pues una sierra con carro de avance manual no podría realizar todas las operaciones necesarias ni aserrar troncos de gran diámetro. Si han de aserrarse pequeñas cantidades de madera, basta con una sierra de cinta normal para rollizos. Una sierra moderna de este tipo, con carro volteador automático de control remoto, reglaje y sujeción centralizados, división automática y avance rápido, debería poder cortar diariamente unos 40 m<sup>3</sup> de rollizos mediante aserrado en paralelo (cortes paralelos a la dirección de la fibra), y de 20 a 30 m<sup>3</sup> de rollizos mediante una o más operaciones de volteo

por rollizo. Este último método es preferible al del aserrado en paralelo, pues la madera producida requiere menos operaciones de manutención en las máquinas que la elaboran posteriormente.

El aserrado primario puede efectuarse de tres formas:

- a) *Aserrado en paralelo.* Una vez sujetado en el carro, cada rollizo es aserrado únicamente mediante cortes paralelos sucesivos. Las tablas así obtenidas se acaban después con la propia sierra cabecera o —lo que es más frecuente— mediante sierras de reaserrar.
- b) *Aserrado mediante un volteo.* Tras sujetarlo en el carro, se practican en el rollizo unos cuantos cortes paralelos hasta darle una base lo suficientemente ancha. A continuación se le hace girar para que descansa sobre la base formada y se le sierra mediante cortes paralelos. Las tablas así obtenidas tienen un canto aserrado, lo que facilita las operaciones subsiguientes de reaserrado.
- c) *Aserrado mediante tres volteos.* El proceso empieza de la misma manera que en el método anterior, pero después del primer volteo se forma una segunda base por aserrado en paralelo, se hace girar el rollizo por segunda vez y mediante aserrado en paralelo se obtiene un costero de tres caras, al que nuevamente se le da otra vuelta para transformarlo, por cortes paralelos, en tablas con cuatro superficies aserradas. La sierra cabecera permite obtener, de una parte considerable del rollizo, tablas y otros elementos de la anchura y el espesor deseados.

La rapidez de ejecución de estos tres métodos depende del mecanismo de carga y de volteo de que esté dotada la sierra. Según las operaciones de volteo y el tipo de sierra empleado, la producción máxima puede variar según se indica en el cuadro 2.

CUADRO 2. METODOS DE ASERRADO PRIMARIO  
(m<sup>3</sup> de rollizos por día)

<i>Método de aserrado</i>	<i>Sierra de cinta para rollizos</i>	
	<i>No mecanizada</i>	<i>Mecanizada</i>
Aserrado en paralelo	20	45
1 volteo	15	35
3 volteos	10	25

El método a emplear dependerá del volumen de rollizos que haya de aserrarse.

### *Reaserrado*

Para la operación de reaserrado se precisan varias máquinas:

- a) *Una sierra de reaserrar para costeros y maderos escuadrados.* Los tablones obtenidos de los costeros precisan un escuadrado ulterior, mientras que los procedentes de los maderos escuadrados ya tienen la anchura y el espesor

requeridos. Los barrotos también pueden fabricarse con la sierra de reaserrar. Esta operación requiere un ayudante del aserrador o una sierra equipada con mecanismo de retorno automático, pues es esencial que regrese —hasta la parte delantera de la sierra— una de las partes de la pieza que se esté aserrando. Estas máquinas pueden funcionar constantemente del 30% al 95% del tiempo, según el grado de mecanización del aserradero.

- b) *Una sierra múltiple.* Si un aserradero elabora diariamente más de 30 m<sup>3</sup> de rollizos para la producción de elementos de dimensiones normalizadas, especialmente para paletas, estará económicamente justificado el empleo de una sierra múltiple además de la sierra cabecera. La sierra múltiple puede cortar maderos escuadrados a la anchura especificada, produciendo así, en una sola operación, tablas acabadas. Una sierra múltiple puede funcionar constantemente cerca del 95% del tiempo.
- c) *Una sierra de cantear con una, dos o más hojas, para maderos de relativamente poco espesor.* El tipo de sierra de cantear se elegirá de acuerdo con el volumen de madera que haya de aserrarse.

La mecanización de los aserraderos reduce considerablemente la necesidad de mano de obra, pero requiere una gran inversión. El cuadro 3 da una idea del ahorro de mano de obra que puede suponer la mecanización.

CUADRO 3. AHORRO DE MANO DE OBRA DEBIDO A LA MECANIZACION

Cantidad de madera aserrada (m <sup>3</sup> de rollizos por día)	Tiempo de mano de obra por m <sup>3</sup> de madera aserrada		
	Aserradero normal	Aserradero mecanizado	Ahorro de tiempo
	(Horas y minutos)		
15	4.50	3.45	1.05
20	4.25	3.12	1.13
25	3.50	2.35	1.15
30	3.30	2.10	1.20
40	3.00	1.48	1.12
50	2.50	1.30	1.20

Antes de decidir mecanizar un aserradero deberán evaluarse muchos factores, a fin de determinar si el ahorro de salarios resultante de la mecanización bastará para amortizar el costo de la maquinaria. En otras palabras, la mecanización sólo está justificada si es claramente rentable.

#### *Almacenamiento de la madera en el patio o depósito*

La madera utilizada para embalajes y paletas debe secarse previamente, pues ha de tener una humedad relativamente baja (de un 15% a un 20% en general, y hasta un 30% para espaciadores de paletas). Normalmente, el secado se efectúa al aire en lugar

de en secaderos, pues no es probable que pueda justificarse la inversión necesaria para el secado artificial, habida cuenta del grado de humedad relativamente alto que ha de alcanzar la madera.

Cuando los embalajes se fabrican enteramente en una fábrica, el secado de la madera se efectúa tras haber sido ésta aserrada en piezas de espesor y anchura especificados, especialmente si el aserradero está mecanizado. Como el espesor de la madera que ha de aserrarse es, por tanto, relativamente pequeño, el secado se produce con rapidez. Si la madera se sierra fuera de la fábrica de embalajes, conviene hacerlo de acuerdo con varios espesores normalizados, secarla posteriormente y expedirla después a la fábrica, donde se procederá al reaserrado necesario y a la fabricación de los embalajes.

### *Mecanizado de elementos de embalajes*

Para producir los diversos elementos del embalaje se precisan ciertas operaciones de mecanizado. El cepillado raramente es necesario en la fabricación de cajas, y si fuera preciso para mejorar el aspecto de éstas, podría emplearse en tal caso una cepilladora ordinaria.

El troceado de la madera a la longitud deseada se realiza ordinariamente con sierras de trocear tipo balancín, dotadas de una sola hoja circular, o de dos o más hojas cuando hayan de producirse en serie gran cantidad de piezas de la misma longitud. La rentabilidad de la operación de troceado depende más de la buena organización del lugar de trabajo que del tipo de máquina utilizado.

Para hacer las asas de las cajas, o para redondear o biselar los cantos de los elementos componentes, se emplean procesos de fresado. Esta labor se realiza mediante fresadoras copiadoras que operan con plantillas, o tupíes dotadas de un tope. Este trabajo se efectúa generalmente en la fabricación en pequeña escala, y sólo requiere maquinaria muy sencilla. No obstante, para la producción de paletas en gran escala puede que sea económico hacer los biseles con una biseladora continua automática. Esta máquina es capaz de biselar 10.000 tablas por día, número suficiente para la producción diaria de 2.000 a 3.000 paletas.

Quizás se precisen operaciones de taladrado para poder clavar las maderas muy duras o para ensamblar con pernos las diversas piezas. Estas operaciones se realizan normalmente en la fabricación en pequeña escala, y sólo requieren máquinas muy sencillas, como una taladradora eléctrica portátil.

El recortado permite obtener paneles de cajas de determinada anchura a partir de elementos de diversos anchos. Esta operación se realiza con una sierra circular ordinaria dotada de una mesa móvil, y no requiere maquinaria especial o automática.

### *Fabricación de paneles y montaje de cajas y paletas*

Las cajas y paletas se ensamblan clavándolas, y a veces engrapándolas. A continuación se describen los métodos principales de ensamblaje por orden creciente de capacidad potencial de producción.

El clavado a mano no debiera descartarse automáticamente, pues no requiere maquinaria alguna y proporciona gran flexibilidad a la fabricación. Para el ensamblaje de elementos de poco espesor se emplean máquinas de engrapillar neumáticas portátiles. Tales máquinas se cargan con tiras de 100 a 200 grapas cuyos extremos suelen tener 55 mm de longitud, pero en caso necesario pueden clavar grapas con

extremos de hasta 63 mm de longitud. Estas máquinas cuestan unos 200 dólares cada una y requieren aire comprimido, pero permiten realizar el doble de trabajo que el clavado a mano.

Las máquinas clavadoras neumáticas portátiles de cargador también permiten un rendimiento doble al del clavado a mano. Los clavos utilizados son generalmente del tipo especial en "T", que se entregan en cintas y se colocan en el cargador de la máquina como si fueran grapas. La longitud máxima de los clavos utilizados suele ser de 60 mm, pero ciertos modelos pueden clavar clavos de hasta 90 mm de longitud. Estas máquinas cuestan unos 200 ó 300 dólares.

Las máquinas clavadoras neumáticas portátiles de tipo tolva pueden clavar clavos ordinarios o de estría helicoidal de hasta 110 mm de longitud, a razón de 100 por minuto, y, como se echan sueítos en la tobera, no hay necesidad de volver a cargar las máquinas con frecuencia. Este tipo de máquina clavadora neumática cuesta entre 400 y 1.500 dólares.

Las máquinas clavadoras fijas pueden clavar hasta 24 clavos a la vez y hasta 100 por minuto, según el número de cabezas clavadoras con que cuenten. Debe tenerse en cuenta que estas máquinas siempre efectúan el clavado con la misma configuración, y para cambiarla es preciso reajustar las máquinas. El empleo de estas máquinas únicamente está justificado en la producción en serie de grandes lotes. Su precio varía entre 4.000 y 20.000 dólares.

Las máquinas clavadoras fijas capaces de poner clavos según diferentes configuraciones son idénticas a las anteriormente descritas, pero están dotadas de un cuadro selector eléctrico cuyas fichas permiten seleccionar los clavos necesarios para cada configuración. Estas máquinas permiten variar automáticamente la configuración del clavado según 12 ciclos diferentes y modificar el artículo que se esté fabricando, dentro de ciertos límites, sin necesidad de reajustar la máquina. El coste del cuadro selector es de unos 1.000 a 2.000 dólares.

Las líneas automáticas de clavado se componen de varias de las máquinas clavadoras anteriormente descritas y de sistemas más o menos automáticos de alimentación y de manutención. Tales líneas de producción requieren inversiones importantes y su empleo sólo está justificado en la producción en gran escala. Una línea de producción automática permite fabricar 1.500 paletas por jornada de ocho horas, pero su costo es de unos 100.000 dólares.

El proceso de producción y la maquinaria a utilizar se elegirán, por tanto, entre los descritos, según el volumen de producción previsto, el grado de normalización necesario, la inversión requerida y el costo de la mano de obra.

### **Embalajes oblongos ligeros**

El proceso de fabricación de embalajes oblongos ligeros es algo más complicado que el de las cajas de madera clavadas. En la figura 33 se da un diagrama del proceso.

#### *Depósito de los rollizos en el aserradero y troceado de los mismos*

Los problemas que se plantean en el caso de los embalajes oblongos ligeros, así como sus respectivas soluciones, son los mismos que en el caso de las cajas de madera aserrada.

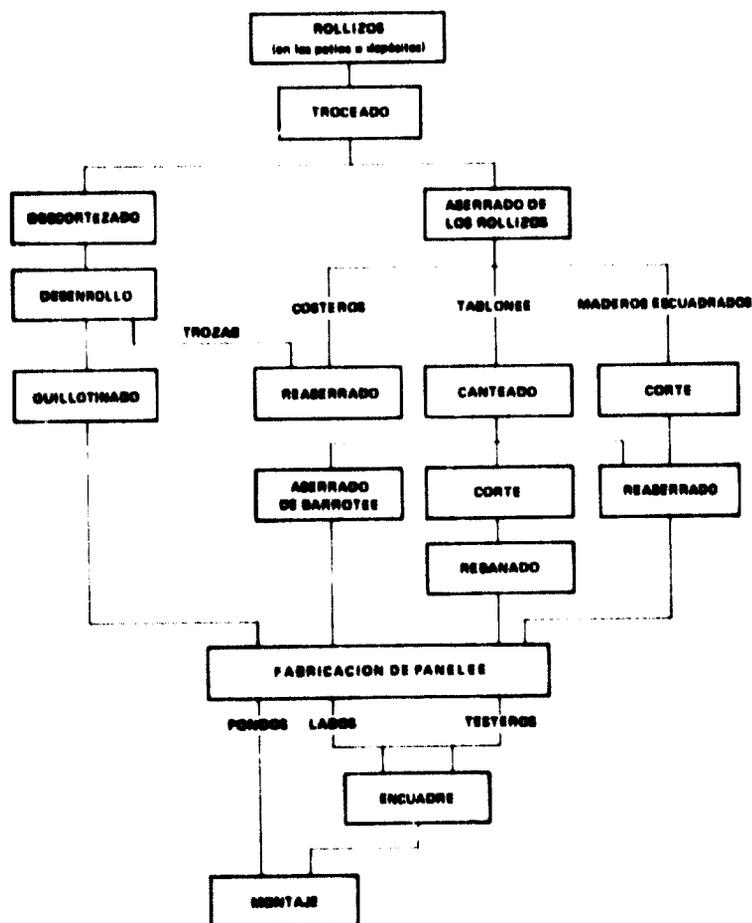


Figura 33. Proceso de fabricación de embalajes ligeros

### Descortezado

Antes de proceder a la operación de desenrollado, es necesario descortezar los rollizos para evitar un desgaste excesivo de las herramientas, y sobre todo para impedir la rotura de éstas a causa de las piedras que hayan podido incrustarse en la corteza durante las operaciones de tala. No obstante, algunos tipos de madera pueden desenrollarse sin descortezado previo por tener una corteza muy delgada y por entregarse muy limpios. El método de descortezado dependerá de la cantidad de rollizos que haya de desarrollarse. Si han de desarrollarse hasta  $10\text{ m}^3$  diarios, el descortezado puede hacerse con hacha o con herramientas de mano especiales denominadas descortezadoras. Para volúmenes de  $5$  a  $25\text{ m}^3$  diarios, deberán emplearse máquinas descortezadoras portátiles con hojas desplazables, de percusión o vibratorias. Para volúmenes de  $10$  a  $50\text{ m}^3$  diarios, pueden emplearse descortezadoras dotadas de un árbol inferior, con ajuste manual de la posición del rollizo y de funcionamiento discontinuo. Para más de  $50\text{ m}^3$  diarios, deberá emplearse una descortezadora automática de funcionamiento continuo, dotada de un cabezal cortante o de anillos giratorios. Con este tipo de máquina, el descortezado se efectúa

a menudo antes del troceado de los rollizos. El tipo de descortezadora elegido dependerá también de la longitud y del diámetro de los rollizos que la máquina pueda admitir.

### *Desenrollado y guillotinado de chapas de madera*

Las operaciones de desenrollado y de guillotinado suelen ir combinadas. El desenrollado consiste en transformar un rollizo en una chapa continua de madera, operación que se efectúa tangencialmente a los anillos anuales mediante una cuchilla montada en paralelo al eje del rollizo, al que se fija entre puntos y se le hace girar. Muchas especies de madera pueden desenrollarse sin una preparación especial, pero otras, especialmente las maderas duras, primeramente han de recibir un baño de vapor o ser sumergidas en agua caliente.

El espesor de la chapa de madera resultante está determinado por la distancia que avanza la cuchilla en cada revolución del rollizo. La anchura de la chapa se determina en el torno desarrollador disponiendo cuchillas u hojas de manera que corten transversalmente la madera hasta una profundidad ligeramente superior al espesor de la chapa desenrollada.

Estas cuchillas separan la hoja de chapa, y la distancia entre ellas determina la anchura de la banda y, por consiguiente, la longitud de los elementos desenrollados. Para recortar los bordes de las chapas se emplean por lo menos dos cuchillas laterales, dada la imposibilidad de trocear los rollizos con suficiente precisión. Entre estas dos cuchillas de recortar pueden instalarse otras que permitan obtener dos, tres, cuatro o cinco hojas de chapa. A fin de mantener despejado el torno desarrollador, es preferible limitar a tres el número de hojas.

Los tornos desarrolladores utilizados se basan en el mismo principio que los que se emplean en la fabricación de madera terciada, pero sus dimensiones son completamente diferentes. Como las dimensiones de los embalajes ligeros casi siempre son inferiores a 60 cm, no es necesario, como en la fabricación de madera terciada, emplear tornos desarrolladores de una anchura útil de 4 m o más, que requieren rollizos de gran diámetro y dejan almas de proporciones considerables. Los tornos desarrolladores utilizados en la fabricación de chapa de madera para embalajes ligeros tienen una anchura útil máxima de 1,40 m. Dos son, en la práctica, las clases de tornos desarrolladores que producen chapa de madera para embalajes:

- a) Grandes tornos desarrolladores con una anchura útil de 1,20 a 1,40 m, capaces de admitir maderos de 0,80 m o incluso a veces de 1 m de diámetro, y que pueden elaborar entre 15 y 30 m<sup>3</sup> diarios, con un aprovechamiento del material de aproximadamente el 60%. Las almas tienen un diámetro de 14 cm. El costo de tales máquinas varía entre 15.000 y 24.000 dólares.
- b) Pequeños tornos desarrolladores de una anchura útil de 0,60 m a 0,80 m, capaces de admitir maderos de 0,50 de diámetro y de elaborar diariamente entre 7 y 15 m<sup>3</sup> de rollizos, con un aprovechamiento del material de aproximadamente el 70%. Las almas tienen un diámetro de 8 cm. El costo de tales máquinas varía entre 10.000 y 15.000 dólares.

Para modificar el espesor de la chapa de madera producida, deben cambiarse ciertos engranajes del mecanismo impulsor del carro y ajustarse la cuchilla y la barra de presión. En algunos tornos desarrolladores modernos los cambios pueden efectuarse automáticamente ajustando mediante una simple palanca el espesor deseado.

El guillotinado consiste en obtener tiras de determinada anchura a partir de chapas desarrolladas de anchura y longitud específicas. El guillotinado puede realizarse por medio de:

- a) *Guillotinas de movimiento vertical intermitente.* Las hojas de chapa se recogen manualmente a la salida del torno desarrollador y se colocan en capas sobre una mesa dotada de un mecanismo de accionamiento intermitente. Las capas de chapa se sujetan entre dos dispositivos que hacen avanzar el conjunto de chapas, mientras se eleva la cuchilla, hasta una distancia igual a la anchura deseada de la tira, quedando inmobilizado el conjunto mientras desciende la cuchilla y efectúa el corte. Este tipo de guillotina requiere mano de obra para el traslado de las hojas de chapa desde el torno desarrollador a la guillotina, pero permite asegurar cierto grado de sincronización. El corte no se realiza con gran precisión, pero la anchura de las tiras puede cambiarse con gran rapidez.
- b) *Guillotinas de cuchillas giratorias.* Estas guillotinas tienen dos cuchillas que giran sobre un eje y pasan delante de una abertura controlada por un tope. La chapa de madera es introducida en la abertura mediante un mecanismo impulsor, y la cuchilla corta, en cada revolución, una tira de la hoja de chapa. La anchura de la tira está determinada por la relación entre la velocidad de rotación de las cuchillas y la velocidad de avance de la chapa. Este tipo de guillotina funciona con una precisión mucho mayor que el anteriormente descrito, pero no permite la sincronización entre el desenrollo y el guillotinado.
- c) *Guillotinas giratorias método "back-roll".* Este método se caracteriza especialmente porque la operación de guillotinado se realiza en el torno desarrollador antes del desenrollo propiamente dicho.

En el torno desarrollador se instala un rodillo dotado de cuchillas longitudinales y se aplica con presión, mecánica o hidráulicamente, contra la troza a lo largo de una línea diametralmente opuesta a la generatriz de la cuchilla desarrolladora. El rodillo gira sobre sí mismo por rotación con la troza. Cuando una de sus cuchillas pasa sobre la troza, practica una incisión que, al ser desarrollada la chapa, convierte la hoja continua de ésta en una sucesión de tiras. Este método tiene las ventajas de que elimina la necesidad de manipular las hojas de chapa entre la operación de desenrollo y la de guillotinado y de que permite producir con precisión tiras de la anchura deseada. Se requiere, no obstante, una gran precisión en la fabricación de los rodillos, y es necesario un rodillo diferente para cada espesor y cada anchura de la chapa fabricada. Como la anchura de la tira está determinada por la separación de las cuchillas que circundan el rodillo, éstas deben sobresalir del rodillo una distancia exactamente igual al espesor de la chapa que se desenrolle. Si la cuchilla no sobresale lo suficiente, su incisión no cortará completamente la chapa y las tiras no se separarán unas de otras después del desenrollo; pero si la cuchilla sobresale demasiado, su incisión penetrará en la madera que se ha de desenrollar en la siguiente rotación de la troza y debilitará su resistencia. Por tanto, se precisa un rodillo diferente para cada espesor y cada anchura de las chapas. Como un rodillo cuesta unos 500 dólares y ha de cambiarse cada vez que varíen las dimensiones de las tiras, es preciso lograr un buen grado de normalización de los tamaños a fin de reducir el número de rodillos y evitar cambiar las dimensiones.

Aunque el "back-roll" actúa por simple presión, requiere maquinaria muy potente (cerca del 75% de la potencia necesaria para la propia operación de desenrollo). Esta potencia varía según el espesor de la chapa que se desenrolle, la dureza de la madera y la anchura de las tiras. El empleo del método "back-roll" está limitado, pues, por estos tres parámetros.

Las almas son aserradas en secciones, especialmente listoncillos de ángulo, o vendidas para la fabricación de papel o de tableros de partículas aglomeradas.

Las chapas para embalajes ligeros no han de fabricarse necesariamente a partir de trozas de gran diámetro. Los tomos desarrolladores de una anchura útil de 1,20-1,40 m pueden desenrollar maderos hasta de 30 cm de diámetro, mientras que los tomos de una anchura útil de 0,60-0,80 m pueden desenrollar maderos hasta de 20 cm de diámetro.

### *Aserrado*

Muy pocos son los embalajes ligeros que no se fabriquen con algunos elementos de madera aserrada, pues casi todos ellos llevan listoncillos de ángulo, y algunos llevan listones —especialmente los listones superiores de los lados— fabricados de madera aserrada. Además, ciertas trozas que no pueden desenrollarse a causa de su calidad o de sus dimensiones se aprovechan como madera aserrada. El aserrado de madera para embalajes ligeros debiera limitarse en la medida de lo posible a elementos esenciales, debiendo aserrarse únicamente rollizos de diámetro pequeño o mediano. En el aserrado de trozas pueden emplearse dos tipos de sierras: una sierra de cinta para rollizos dotada de un carro ligero; o una sierra —automática o no— con carro de avance manual.

Las sierras de cinta para rollizos se emplean cuando han de aserrarse diariamente más de 10 m<sup>3</sup> de rollizos; cuando las trozas son grandes; y cuando, además de madera aserrada para embalajes ligeros, ha de obtenerse madera para otros fines. Las sierras con carro de avance manual se utilizan en los casos contrarios, y requieren una inversión mucho menor que las sierras de cinta para rollizos. Las trozas se sierran sin necesidad de sujetarlas, el movimiento de avance y retroceso del carro requiere menos potencia, la selección del espesor se efectúa rápidamente y el giro a mano es más fácil. Además, estas máquinas pueden ir equipadas de diversos dispositivos de alimentación que facilitan la recuperación rápida de todos los productos.

En ambos casos el método de aserrado es el mismo: el aserrado mediante un volteo que permite obtener tablas de 25 a 30 mm de espesor y tablones de 60 a 120 mm. Las tablas se destinan a la fabricación de listoncillos o listones. Los listoncillos se fabrican cortando las tablas en secciones cuadradas en una sierra múltiple de reaserrar. Estas secciones cuadradas vuelven a aserrarse en máquinas especiales que pueden producir entre 4.000 y 5.000 listoncillos por hora. Incluso para cantidades considerablemente menores, resultará ventajoso emplear tales máquinas, aunque sólo hayan de funcionar durante unas cuantas horas al día.

Para hacer listones, las tablas se cortan a la longitud requerida y luego se sierran mediante cualquiera de los siguientes tipos de sierras de cinta: sierras de mesa lisa; sierras dotadas de un pequeño carro de avance manual que pueden producir 1.000 listones por hora; sierras con carro automático de movimiento alternativo en el que puede sujetarse el madero, y capaces de producir unos 2.000 listones por hora; y

sierras horizontales en las que el avance del madero se efectúa por medio de una mesa giratoria, y capaces de producir entre 3.000 y 5.000 listones por hora.

Los tabloncillos de 60 a 120 mm de espesor se cortan a la longitud deseada, y a continuación se convierten en tablillas en una de las máquinas utilizadas para la fabricación de listones. Para producir grandes cantidades de tablillas se puede emplear una máquina con hojas de sierra circulares y bicónicas múltiples montadas sobre árboles superiores, y capaces de producir 10.000 ó 15.000 tablillas por hora.

### *Rebanado*

En la terminología del envasado, el rebanado se define como el corte de una pieza de madera aserrada mediante una cuchilla que actúa como una cuchilla de cepillar paralelamente al eje de la madera.

Las tablas con un borde aserrado se sierran a la longitud especificada y se colocan en una máquina rebanadora de alguno de estos tipos:

- a) Una máquina rebanadora vertical en la que la cuchilla sube y baja, pero únicamente corta al bajar. La madera se mantiene en su sitio mediante mordazas verticales, y es empujada hacia adelante cada vez que la cuchilla se levanta. La anchura de corte de dicha máquina es de 0,60 a 0,80 m, y su capacidad es de unos 0,5 m<sup>3</sup> de producto acabado por hora. La máquina cuesta entre 2.000 y 4.000 dólares.
- b) Una rebanadora giratoria, consistente en un volante de gran diámetro (3-5 m) con aberturas en las que se colocan las cuchillas. El espesor del producto depende de la distancia entre la cara plana del volante y la proyección de la cuchilla. La madera se aplica bajo presión contra la cara del volante que, al girar, hace que la cuchilla pase sobre la madera, produciendo así piezas de poco espesor. Con esta máquina se producen entre 7.000 y 12.000 piezas de madera rebanada por hora (es decir, aproximadamente 2 ó 3 m<sup>3</sup> de producto acabado); una rebanadora giratoria cuesta alrededor de 20.000 ó 30.000 dólares.

### *Fabricación de paneles*

Los paneles se fabrican a base de elementos obtenidos por alguno de los tres métodos anteriormente descritos. Estos elementos se disponen en plantillas y se ensamblan mediante grapas. Para esta operación se emplean siempre máquinas fijas que utilizan carretes de alambre en lugar de grapas preformadas. Durante mucho tiempo se emplearon bobinas de alambre giratorias de 7 a 10 kg de peso, pero estas han sido sustituidas por carretes fijos con 100 a 500 kg de alambre. El utilizar bobinas fijas permite un ahorro considerable de tiempo, pues las interrupciones para efectuar la recarga son menos frecuentes.

En la fabricación de paneles pueden emplearse varios sistemas. La producción en pequeña serie puede realizarse con una máquina de engrapillar de mesa de una sola cabeza, que únicamente clava una grapa de cada vez y sólo requiere una o dos plantillas. El operario (o un ayudante) dispone los elementos en las plantillas y va clavando a continuación las grapas una por una. Como no es posible dotar a la máquina de guías, el trabajo se realiza por estimación visual, lo que requiere gran

destreza y no permite obtener una producción de gran calidad. La producción diaria es baja, pero la inversión necesaria sólo es de unos 1.200 dólares.

La producción de paneles en cantidades más importantes puede realizarse con una máquina de engrapillar de mesa de cabeza múltiple. Este tipo de máquina tiene varias cabezas y puede clavar varias grapas a la vez. El trabajo se efectúa de la misma forma que con la máquina de una sola cabeza, pero se emplea una guía lateral para poner las grapas con exactitud en una de las dos direcciones, haciéndolo a ojo en la otra dirección. Esta máquina tiene las mismas desventajas que el tipo anterior, pero su rendimiento es mayor y requiere una inversión de 1.500 dólares aproximadamente.

Los paneles para embalajes ligeros deben fabricarse normalmente con máquinas de engrapillar de cabeza múltiple, en las que el avance y la colocación de las plantillas debajo de las cabezas grapadoras se efectúa automáticamente. Tales máquinas están equipadas de una mesa larga por la que van pasando las plantillas. Los operarios colocan los listones en las plantillas a medida que pasan éstas, y el engrapillado se efectúa automáticamente. Estas máquinas pueden utilizarse en la fabricación de todo tipo de paneles, o estar especializadas en la fabricación de un solo producto, como los testers de los embalajes. Según la índole y la magnitud de la producción requerida, podría adoptarse uno de los sistemas que a continuación se describen.

*a) Máquinas de engrapillar de cabeza múltiple con avance discontinuo*

En estas máquinas, las plantillas son avanzadas hacia la mesa mediante un movimiento rotatorio de correas sin fin. Mientras las cabezas grapadoras suben y bajan continuamente, las plantillas son colocadas debajo de las cabezas mediante impulsores que engranan en cremalleras situadas a cada lado de las plantillas. Mientras tiene lugar el engrapillado, las plantillas quedan inmovilizadas mediante un dispositivo de frenado. Las plantillas vuelven a pasar otra vez bajo la máquina por medio de correas sin fin. El paso intermitente de las plantillas por debajo de las cabezas limita la tasa de producción a unos 100 golpes por minuto. Tales máquinas pueden producir diariamente entre 6.000 y 10.000 paneles con cuatro hileras de grapas, y su coste aproximado es de 3.000 a 4.000 dólares. No obstante, es muy fácil cambiar de tipos de productos, pues todo lo que se requiere para ello es retirar un juego de plantillas y sustituirlo por otro, y reajustar eventualmente la separación de las cabezas.

*b) Máquinas de engrapillar de cabeza múltiple, con avance continuo de las plantillas y paso constante*

Las plantillas de esta máquina van sujetas a una cadena sin fin de movimiento continuo y pasan por delante de los operarios y por debajo de las cabezas grapadoras a velocidad constante. Las cabezas grapadoras se mueven en dirección vertical durante la operación de engrapillado, y en dirección horizontal para seguir el movimiento de las plantillas durante dicha operación. La resultante de estos dos movimientos es un movimiento circular o elíptico continuo. Por consiguiente, el engrapillado se efectúa siempre a un paso constante, es decir, que los espacios entre dos hileras sucesivas de grapas son siempre idénticos para un reglaje dado. El paso puede variar de un producto a otro, pero es constante para un producto determinado. La longitud de la cadena está determinada por la relación entre el paso requerido y las dimensiones de los paneles, por lo cual será diferente para cada producto. El

movimiento continuo de las cabezas grapadoras y de la cadena permite alcanzar ritmos de producción muy elevados —hasta de 500 golpes por minuto— pero en la práctica el ritmo de engrapillado está limitado por la capacidad de los operarios para alimentar la máquina con elementos de paneles, siendo generalmente dicho ritmo de 130 a 200 golpes por minuto.

Tales máquinas producen diariamente de 10.000 a 20.000 paneles con cuatro hileras de grapas, y cuestan unos 5.000 ó 6.000 dólares. No obstante, toda modificación del producto que se fabrica exige la sustitución completa de la cadena y de las plantillas, y esta operación requiere varias horas.

*c) Máquinas de engrapillar de cabeza múltiple, con avance continuo de las piezas de trabajo y paso variable*

Las plantillas para esta máquina van sujetas a una cadena sin fin accionada a velocidad constante. Las cabezas grapadoras efectúan los mismos movimientos que en el tipo de máquina anteriormente descrito, pero son accionadas mediante un mecanismo automático, de acuerdo con un programa predeterminado. Este mecanismo de control puede ser mecánico o puede consistir en un sistema más flexible de células fotoeléctricas. Estas máquinas producen tanto como las del tipo anterior, y vienen a requerir aproximadamente la misma inversión. Sus cadenas pueden tener, sin embargo, una longitud constante, y en caso de que se cambie el producto basta con retirar las plantillas y sustituirlas por otras. Quizá la característica más importante de estas máquinas sea que la configuración del engrapillado puede adaptarse al diseño del panel que se ha de fabricar, por lo que no es necesario diseñar los paneles en función de un paso constante.

### *Encuadre*

El encuadre consiste en el montaje de los lados y de los testeros. Esta operación constituye el punto débil de la fabricación de embalajes ligeros, pues aún no existe en el mercado ninguna máquina automática que pueda realizarla de una manera realmente práctica. La operación de encuadre se efectúa mediante máquinas de engrapillar de una sola cabeza, que clavan las grapas una a una. El operario coloca dos paneles bajo la cabeza grapadora y clava cada grapa individualmente accionando el pedal de la máquina, tras lo cual hace girar el conjunto semiencuadrado así obtenido, coloca un tercer panel, lo engrapilla, y así sucesivamente. Como la posición relativa de los paneles y la colocación de las grapas se determinan visualmente, estas operaciones no pueden realizarse con gran precisión. El ritmo de trabajo depende de la destreza del operario, destreza que sólo se adquiere mediante una larga práctica. Dicho ritmo varía considerablemente según los operarios y el tipo de embalaje que se produzca; puede ser, por ejemplo, de 150 unidades por hora en el caso de jaulas para verduras, y hasta de 350 unidades por hora en el caso de bandejas. La inversión necesaria para la operación de encuadre es de unos 1.200 dólares.

### *Montaje de los fondos*

El montaje consiste en engrapillar los fondos de embalajes ligeros a los cuadros entramados ya fabricados. Como esta operación se realiza normalmente de máquinas de engrapillar de una cabeza, que sólo clavan una grapa de cada vez, los problemas

que se plantean son los mismos que en la operación de encuadre. Como los ritmos de trabajo son iguales en el armado que en el montaje, las máquinas utilizadas para estas operaciones suelen funcionar en equipo. No obstante, el montaje de los fondos se ha mecanizado, pudiendo alcanzarse una tasa de producción de 2.000 cajas por hora con una máquina automática que cueste unos 25.000 dólares.

### Cajas armadas

Las cajas armadas se fabrican por el procedimiento indicado en la figura 34.

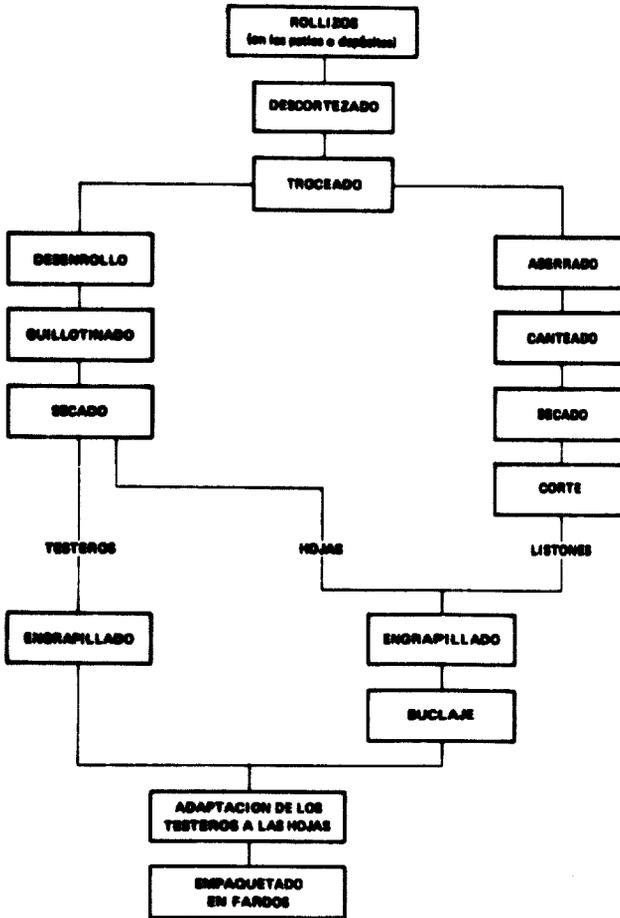


Figura 34. Proceso de fabricación de cajas armadas

### Necesidades de madera

El descortezado, el troceado, el desenrollado y el aserrado plantean los mismos problemas en la fabricación de cajas armadas que en la de embalajes ligeros. Debido a que la producción de una sola línea de fabricación de cajas armadas suele ser grande, el descortezado se suele hacer antes que el troceado. El empleo del proceso

“back-roll” de guillotinado es especialmente ventajoso para la fabricación de cajas armadas. Se emplean listones rectangulares en lugar de piezas triangulares para las esquinas. Después del secado, los maderos escuadrados se transforman en listones mediante corte transversal, tras lo cual se cortan a inglete en una máquina de dos hojas de sierra circulares a una inclinación de 45°.

### *Secado*

Contrariamente a lo que ocurre con los embalajes oblongos ligeros, cuyos elementos no necesitan secarse durante la fabricación, los elementos para cajas armadas sí deben estar secos. Han fracasado hasta ahora todos los intentos de fabricar cajas armadas con madera verde, debido especialmente al considerable riesgo de ataque por hongos destructivos al almacenarlas “planas”.

Los elementos desenrollados, bien sea con sus dimensiones definitivas, o con dimensiones múltiplos de aquéllas, se secan en secaderos de rodillos que pueden funcionar durante las 24 horas del día y cuestan aproximadamente 30.000 dólares cada uno. Los maderos escuadrados para los listones se secan al aire o en secaderos de túnel o de cámaras.

### *Fabricación*

Las “hojas”, constituidas por lados y paneles de tapa y de fondo unidos entre sí por alambres, se fabrican en dos máquinas sucesivas sincronizadas. La primera es una engrapadora de paso variable y cabeza múltiple que funciona mediante avance continuo de los elementos de madera. Los listones y las tablillas se colocan en las plantillas a mano o automáticamente. Los alambres de refuerzo avanzan continuamente desde unos carretes con 500 a 1.000 kg de alambre. Las tablillas de madera y los alambres pasan juntos bajo las cabezas grapadoras, que engrapillan simultáneamente los alambres y las tablillas a los listones, engrapillando las tablas con alambres intermedios. Las cajas sucesivas van unidas por los alambres de refuerzo, dejándose entre caja y caja un trozo de alambre de suficiente longitud para hacer los bucles en los extremos de ambas cajas. La máquina de engrapillar puede clavar grapas en posiciones predeterminadas —independientemente del paso de los movimientos sucesivos— y puede funcionar a una velocidad de 500 golpes por minuto.

De la máquina de engrapillar, la hoja pasa a la segunda máquina, que funciona intermitentemente. Para sincronizar el funcionamiento de ambas, siendo una continua y la otra intermitente, se instala entre ambas un dispositivo denominado “cola de mono”. Cuando el espacio libre que queda entre dos cajas sucesivas llega a la segunda máquina, la hoja se detiene y queda bloqueada. Los alambres que conectaban entre sí las dos cajas son cortados entonces por cizallas, unos mandriles dan forma a los bucles y remachan los extremos de los alambres en las tablas, y la hoja sigue hacia adelante. Esta máquina está dotada de dos hileras de mandriles, cuyo número corresponde al número de alambres. Los mandriles de una hilera son diferentes a los de la otra, pues han de formar bucles distintos.

Los testers de las cajas se fabrican en máquinas idénticas. Los testers y la hoja pueden fabricarse de anchura doble o incluso triple, empleando tablas cuya longitud sea dos a tres veces mayor que la de la caja. Tales hojas se cortan entonces en dos a tres tiras mediante sierras circulares longitudinales situadas a continuación de la máquina de engrapillar.

Al salir de la segunda máquina, los testers se colocan a mano sobre la hoja y se fijan a un lado solamente doblando uno de los bucles de los extremos. A continuación, las cajas planas se empaquetan en fardos y se atan.

Una máquina para cajas armadas puede fabricar diariamente, a base de hoja sencilla, entre 4.000 y 6.000 cajas (cajas para cítricos, por ejemplo), o el doble de estas cifras cuando la producción se hace a base de hoja doble. Tales máquinas cuestan unos 50.000 dólares.

### Utilización eficiente de las materias primas

Como ya se ha indicado en el presente estudio, entre las especies disponibles de madera pueden seleccionarse las más adecuadas al fin propuesto. No obstante, incluso en países ricos en recursos madereros deberá utilizarse eficientemente la madera y tratar de obtener de ella el mayor rendimiento posible.

Si bien las especies de madera pueden seleccionarse teniendo en cuenta sus cualidades inherentes, no es menos cierto que los árboles de las zonas forestales son de diversos tamaños y calidades. Por tanto, suele ser necesario tener en cuenta todos los usos posibles de determinados árboles y de sus diversas partes, tales como la troza de tierra, los rabeones, las trozas de sierra y las trozas de calidad industrial. La madera de gran calidad y de grandes dimensiones y las trozas de calidad industrial se pueden aprovechar mejor en otras industrias que en la del embalaje.

Par poder aprovechar debidamente las materias primas es preciso clasificar los rollizos antes de enviarlos al aserradero. Esta clasificación debe hacerse con sumo cuidado, a fin de retirar aquéllos de calidad superior o demasiado grandes para ser destinados a madera de embalaje, así como los que sean de escasa calidad o tengan un diámetro demasiado pequeño. Como la industria del embalaje solamente requiere rollizos de 0,20, a 0,80 m de diámetro, de calidad media y bastante cortos, sería un derroche emplear rollizos de cinco metros de largo para fabricar piezas de paletas de 1,20 m de longitud nada más.

El aprovechamiento de las materias primas puede mejorarse recuperando la máxima cantidad de desechos (corteza, virutas resultantes de la operación de cantear y recortes) pero llega un momento en que el costo de la mano de obra utilizada en las operaciones de recuperación llega a ser mayor que el valor de la madera recuperada. El aprovechamiento de las materias primas también puede mejorarse mediante un aserrado de mayor precisión, pues, como ya se ha señalado, se puede ahorrar más de un 10% del volumen de la madera empleando máquinas bien mantenidas que funcionen con precisión.

El eficiente aprovechamiento de las materias primas depende del procedimiento de corte utilizado. Los rendimientos por metro cúbico de rollizo varían considerablemente según que la madera se corte mediante aserrado, rebanado o desenrollo. Los estudios comparativos realizados ponen de manifiesto la importancia de seleccionar el método adecuado de corte.

El cuadro 4 indica los índices de rendimiento comparativos, asignando al aserrado el valor 100. En los cálculos efectuados se tiene en cuenta el costo de la madera utilizada para la obtención de chapas (costo que suele ser ligeramente superior al de la madera destinada al aserrado), el rendimiento en términos del producto final, la mano de obra y la depreciación.

CUADRO 4. RENDIMIENTOS COMPARATIVOS DE DIVERSOS METODOS DE CORTE

<i>Método de corte</i>	<i>Indice de costo de 1 m<sup>3</sup> de rollizos</i>	<i>Rendimiento = m<sup>3</sup> de producto final / m<sup>3</sup> de rollizos</i>	<i>Indice de costo de 1 m<sup>3</sup> de producto final</i>
Aserrado	100	42%	100
Rebanado	100	52%	68
Desenrollo en máquinas de 1,20/1,40 m	133	60%	65
Desenrollo en máquinas de 0,60/0,80 m	100	72%	55

Aunque esta comparación solamente sea válida para la madera cortada con un espesor inferior a 6 u 8 mm mediante aserrado, rebanado o desenrollo en máquinas de 1,20/1,40 m, demuestra, sin embargo, las ventajas del rebanado y el desenrollo. En muchos casos sería conveniente diseñar embalajes que no pudieran fabricarse con madera de un espesor inferior a 6 mm.

Debe señalarse que, de acuerdo con los rendimientos indicados en el cuadro, para obtener 1 m<sup>3</sup> de producto final por el procedimiento de aserrado es necesario utilizar 2,4 m<sup>3</sup> de rollizos; 1,9 m<sup>3</sup> de rollizos en el caso del rebanado; 1,67 m<sup>3</sup> de rollizos; cuando éstos se desenrollan en una máquina con anchura útil de 1,20-1,40 m; 1,4 m<sup>3</sup> de rollizos cuando la madera se desenrolla en una máquina con anchura útil de 0,60-0,80 m.

Sin embargo, no pueden fabricarse embalajes únicamente a base de madera desenrollada, y cualquiera que sea el método de corte siempre habrá considerables desperdicios. El rendimiento de un aserradero donde únicamente se corte la madera por aserrado es de un 40% aproximadamente y queda como desperdicios un 60% del volumen total de los rollizos elaborados. El rendimiento de una fábrica de embalajes ligeros que utilice un torno de desarrollar con una anchura útil de 0,60-0,80 m es del 65% aproximadamente, y queda un 35% de desperdicios. Una fábrica de tamaño mediano que corte 20 m<sup>3</sup> diarios de rollizos produce entre 12 y 7 m<sup>3</sup> de desperdicios, es decir, entre 1.750 y 3.000 m<sup>3</sup> anuales de desperdicios de madera. Una fábrica más grande, que elabore diariamente 100 m<sup>3</sup> de rollizos, producirá al año un volumen de desperdicios de 9.000 a 15.000 m<sup>3</sup>, cantidad equivalente, poco más o menos, a la producción de una pequeña línea de tableros de partículas. Debe señalarse, no obstante, que aún no pueden aprovecharse todos los desperdicios de madera para la fabricación de tableros de partículas.

### Integración vertical y horizontal

La integración vertical u horizontal de la producción plantea muchos problemas que únicamente pueden resolverse tras un estudio a fondo en el que se tengan en cuenta numerosos parámetros, como la cantidad y la calidad de la madera disponible

en una zona determinada, la situación de la mano de obra, las posibilidades de establecimiento de fábricas, la ubicación y las necesidades de los clientes, así como los recursos financieros necesarios.

### *Integración vertical*

Una fábrica de embalajes integrada verticalmente adquiere la madera en el bosque, efectúa la fabricación en un solo lugar y vende los embalajes acabados. A primera vista, la integración vertical parece conveniente, pues permite una mejor organización de la empresa, brinda más oportunidades de mecanización y elimina intermediarios. Entraña, no obstante, el tener que elegir una ubicación para la fábrica.

Con objeto de evitar el transporte de los rollizos a largas distancias, las fábricas deben construirse cerca del lugar donde se efectúe la tala. No obstante, aunque el costo de transporte de los rollizos pueda ser elevado, el costo del transporte en vacío de los embalajes acabados, con excepción de las cajas armadas, de las paletas y de las cajas encajables, puede ser incluso mayor a causa de su gran volumen. Por consiguiente, la fábrica debe localizarse en una zona donde se utilicen los embalajes. La integración vertical será viable si pueden satisfacerse estas dos condiciones. En caso contrario, no existen razones fundadas para considerar conveniente tal integración; pero si se decide llevarla a cabo, únicamente las fábricas que produzcan cajas armadas, paletas o embalajes encajables podrán situarse en una zona forestal, pues una fábrica de embalajes oblongos ligeros o de otro tipo debe estar ubicada cerca de sus clientes.

Una solución eficaz para producir embalajes oblongos ligeros es la de establecer dos unidades de fabricación independientes. En la primera unidad, que debe localizarse en la zona forestal, los rollizos se sierran y se convierten en paneles. Como los embalajes ligeros se destinan principalmente a productos agrícolas perecederos, pueden normalizarse con gran facilidad. Puede preverse, pues, el establecimiento de grandes aserraderos para la fabricación de paneles (fondos, lados y testers), que serían secados y enviados a continuación a la zona de consumo, donde se montarían en fábricas especiales cuyo tamaño dependería de la cantidad de artículos a embalar. Puede efectuarse de esta manera la producción en serie normalizada de cajas clavadas de madera aserrada. Sin embargo, para muchos tipos de cajas clavadas que se fabrican en pequeña o mediana serie y que se emplean para transportar artículos industriales, la fabricación de paneles en un lugar distante del sitio de montaje entrañaría grandes dificultades, una de ellas la gran demora en los suministros. Por lo general, este tipo de embalaje debe entregarse rápidamente. También podría haber un riesgo de error en las dimensiones. Es preferible, por tanto, cortar la madera con precisión conforme a tamaños normales en la zona forestal (siempre que se mantenga debidamente la calidad del aserrado), secar la madera y fabricar entonces las cajas en los talleres, que deberán estar bien provistos de madera aserrada y situados en zonas donde se utilicen las cajas.

Este sistema reduce de manera considerable el costo de transporte del producto desde la zona forestal a la zona de consumo. También permite el establecimiento de unidades de aserrado y de montaje independientes y de diferentes capacidades, mientras que en una sola fábrica es necesario que las capacidades de los talleres establecidos guarden proporción entre sí. Podrán crearse, pues, grandes aserraderos mecanizados o talleres de corte, al tiempo que la capacidad de los talleres de montaje guardará proporción con las necesidades locales. Por otra parte, este sistema tiene el

inconveniente de que requiere el secado preliminar de la madera para los embalajes ligeros, así como un doble almacenamiento de la madera para las cajas, y de que complica las relaciones comerciales.

La integración de la explotación forestal en una línea de producción supone la entrega de maderas de calidades y dimensiones muy diferentes, cosa que se traduce en un mal aprovechamiento de las materias primas.

#### *Integración horizontal*

Para que las materias primas puedan aprovecharse debidamente es preciso que cada rollizo o parte de él se destine al uso más adecuado. La industria del embalaje, por ejemplo, sólo necesita rollizos de diámetro mediano y de calidad media. La asignación de los rollizos puede realizarse en la zona forestal, pero la de las diversas partes de cada tronco únicamente puede efectuarse en el aserradero, de acuerdo con las necesidades reales.

En muchos bosques tropicales crece un gran número de especies diferentes, que deben asignarse a determinados fines en función de sus propiedades peculiares. La clasificación, por lo tanto, debe hacerse en el mismo lugar, con objeto de aprovechar la madera lo mejor posible. Por ejemplo, los rollizos que hayan de desarrollarse deben destinarse, según su calidad y diámetro, a la fabricación de madera terciada o de embalajes. Es frecuente que la clasificación de los rollizos para madera aserrada solamente pueda llevarse a cabo después del primer aserrado, por lo que es necesario establecer un aserradero que pueda abastecer a diversas industrias, como las del mueble, la ebanistería y el embalaje.

La industria del embalaje, al igual que la mayoría de las industrias de elaboración de la madera, produce grandes cantidades de desechos. Algunos de éstos pueden utilizarse para fabricación de tableros de partículas, otros para tableros de fibras, y otros, finalmente, para la fabricación de papel. El nivel actual de la tecnología no permite aprovechar otros tipos de desechos para fines industriales. La recuperación de los desechos de madera requiere cierto grado de clasificación, y es frecuente que tal labor sea considerada difícil y de dudosa rentabilidad, por las instalaciones pequeñas.

El costo del transporte de los desechos de madera a grandes distancias suele hacer antieconómica su recuperación. Frecuentemente, los desechos de madera han de entregarse en la forma especificada por el usuario, como astillas o partículas, por lo que deben elaborarse antes de su entrega. La instalación y el funcionamiento de máquinas astilladoras únicamente es viable cuando la cantidad de desechos alcanza cierto nivel. Los países ricos en recursos madereros no suelen interesarse en la recuperación de desechos de madera ni en la obtención de mejores rendimientos. Debería recordarse, sin embargo, que la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha señalado que las perspectivas a plazo medio, por lo que se refiere al suministro mundial de madera, no son especialmente favorables. Incluso en los países de las regiones tropicales ricos en maderas se da, por un lado, la subutilización de los bosques, debido a que no se explota una parte considerable de ellos, y, por otro, la tala excesiva, y el agotamiento consiguiente de algunas de las zonas forestales en explotación. Debe planearse, pues, la recuperación de los desechos de madera producidos por ciertas industrias, a fin de que otras puedan aprovecharlos como materias primas.

Con objeto de aprovechar mejor las materias primas y de establecer unidades de nivel tecnológico óptimo, es conveniente prever la integración horizontal de

industrias complementarias, más un sistema de integración vertical. Este sistema de integración doble puede revestir la forma de complejos que pueden resultar, no obstante, difíciles de administrar y tal vez sean demasiado grandes para los países en desarrollo o la forma, más flexible, de empresas complementarias establecidas en una zona limitada.

La integración de una fábrica de embalajes en un complejo plantea dificultades por la diferencia de tamaño de tales fábricas, en comparación, por ejemplo, con las de tableros de fibras o de partículas. Además, las inversiones necesarias y los problemas técnicos y comerciales con que tropiezan estas industrias son de un orden de magnitud diferente. Aunque conviene reunir actividades complementarias, no procede, en cambio, considerar a ninguna de ellas como una actividad secundaria únicamente dedicada a elaborar un subproducto que es un "pariente pobre", al que no se dedica ningún esfuerzo ni investigación técnica o comercial y para el que no se prevé ninguna mejora de la productividad ni del equipo.

### Economías de escala

Las economías de escala pueden ser de índole financiera, comercial o técnica.

Desde el punto de vista de la financiación y de la gestión, parecen necesarios en el mundo moderno una concentración de capital y posiblemente de centros rectores encargados de tomar decisiones generales. Debe evitarse, sin embargo, centralizar la adopción de decisiones secundarias al nivel de los propios centros. Ciertas decisiones, tales como las relativas a normalización o a la política forestal, únicamente pueden tomarse a un nivel muy alto.

Desde el punto de vista comercial, el tamaño de las unidades de producción se basa en la cantidad del producto consumido localmente y en las posibilidades de entrega a los mercados de una zona determinada. El vínculo entre la capacidad de producción y la capacidad del mercado para absorber embalajes de madera plantea, por una parte, el problema de qué tipo de embalaje producir (embalajes ligeros, cajas armadas, cajas de tablas), y, por otra, el de la integración vertical.

Deben hacerse investigaciones incluso en sectores como el de la industria del embalaje de madera. La investigación debe abarcar, entre otros, los siguientes aspectos: modelos y diseños de los embalajes a fabricar, maquinaria necesaria, organización de los lugares de trabajo, organización general de las empresas, manutención y productividad general. Mediante una gestión inteligente, las empresas pequeñas pueden aumentar su productividad, pero el ahorro que a la larga supondría el dedicar a la investigación incluso una parte considerable de su presupuesto sería insignificante en comparación con los gastos necesarios. Es esencial, por tanto, que las empresas pequeñas y medianas de cualquier sector combinen sus esfuerzos de investigación en beneficio mutuo.

Desde el punto de vista técnico, resulta difícil hablar de economías de escala salvo en el caso de las cajas armadas. Los factores que entran en la fabricación de embalajes de madera son variables, y una empresa muy pequeña de tipo artesanal puede convertirse imperceptiblemente en una gran empresa.

Para fabricar cartón ondulado se requiere una máquina ondulatora cuyo costo es de un millón de dólares aproximadamente, siendo de 2.500 toneladas mensuales su capacidad de producción; para una producción mayor se precisa una segunda máquina. La producción de embalajes de madera requiere inversiones mucho menores. Puede establecerse un taller de montaje de embalajes ligeros dotado

solamente de dos máquinas de engrapillar de una sola cabeza para entramados (cuerpos) y fondos, lo que sólo requiere una inversión de 2.500 dólares aproximadamente. Por ejemplo, un juego de máquinas tiene una capacidad de producción diaria de 2.000 cajas para manzanas; dos juegos, para 4.000; y así sucesivamente. Esto es también aplicable a las inversiones para la producción de paneles. Con una máquina engrapilladora de avance intermitente y de cabeza múltiple, cuyo costo es de 3.000 dólares, pueden producirse 6.000 paneles diarios; 12.000 paneles con dos de tales máquinas; 24.000 paneles con tres de ellas (9.000 dólares); y de 40.000 a 50.000 con tres máquinas de avance continuo (20.000 dólares). La producción de cajas y de paletas también puede aumentarse gradualmente. De esta forma, aumentando el número de máquinas puede incrementarse la producción casi continuamente.

En realidad, el nivel de producción óptimo de una unidad manufacturera está determinado por el equilibrio que pueda lograrse entre las subdivisiones de la unidad, como las correspondientes a las operaciones de corte, fabricación de paneles y montaje. Frecuentemente, sólo es una máquina la que crea estrangulamientos, y a menudo es precisamente la que más cuesta, como el torno de desenrollado en la fabricación de embalajes ligeros, o la sierra de cinta para rollizos en la fabricación de otros embalajes. El equilibrio entre las subdivisiones de una unidad manufacturera puede lograrse a veces adquiriendo elementos del exterior, por ejemplo, maderos escuadrados para la fabricación de listones o de tablillas con destino a los embalajes ligeros. A veces, una intensificación de las operaciones de una subdivisión con respecto a las otras también puede evitar retrasos de producción. Para impedir un estrangulamiento en las operaciones de desenrollado, por ejemplo, puede ser más conveniente tener en funcionamiento el taller de desenrollado durante diez horas diarias, en lugar de ocho, que adquirir un torno de desenrollado adicional.

Suele ocurrir que, a ciertos niveles de producción, ha de optarse entre aumentar el número de máquinas en funcionamiento o elegir máquinas más automatizadas. Lo mismo ocurre con la decisión de mecanizar o no una fábrica. Debe decidirse, por ejemplo, si es mejor —a determinado nivel de producción— tener dos sierras de cinta para rollizos o una sola pero con instalaciones de manutención mecanizadas; si conviene aumentar el número de máquinas clavadoras necesarias para la fabricación de paletas o utilizar una línea de producción automática; o si vale más disponer, en la fabricación de embalajes ligeros, de ocho unidades de montaje capaces de producir diariamente 16.000 cajas para manzanas (lo que requeriría una inversión de 20.000 dólares y el empleo de 16 trabajadores para las operaciones de montaje), o de ocho máquinas de engrapillar para los entramados y una máquina automática para la fabricación de fondos, que requerirían, a su vez, una inversión de 30.000 dólares para la misma capacidad de producción, pero que sólo precisarían nueve trabajadores.

El último ejemplo demuestra que, desde un punto de vista técnico, el nivel de producción de una unidad depende de la rentabilidad de las inversiones en maquinaria y mecanización, en comparación con el costo de la mano de obra. Es posible que la adquisición de una máquina automática para la fabricación de fondos resulte menos ventajosa que el continuar utilizando grupos de máquinas de engrapillar individuales. En este caso, para reducir el costo de transporte de los embalajes vacíos, varios talleres podrían estar ubicados de tal forma que cada unidad atendiera una zona con un radio de unos 15 kilómetros, por ejemplo, en lugar de establecer una sola unidad que se vería obligada a atender una zona de 50 kilómetros de radio.

En general, el aumento del tamaño de una unidad manufacturera entraña un aumento del valor absoluto de la inversión necesaria, una ligera reducción del costo relativo por unidad producida y una reducción importante en los costos relativos de la mano de obra. Existen, sin embargo, ciertos niveles óptimos de economías de escala que trataremos de identificar en el presente estudio solamente en lo que concierne a los siguientes productos: paletas, embalajes ligeros (considerando como producto normal las cajas para manzanas de 15 kg de capacidad) y las cajas armadas (considerando como producto normal las cajas para cítricos de 20 kg de capacidad). Para cada producto, se considerará a la unidad manufacturera como una unidad integrada que abarcará todo el proceso de producción, desde el rollizo hasta el producto acabado.

### *Paletas*

El nivel óptimo de producción de paletas depende esencialmente del tipo de sierra cabecera que se emplee, es decir del tipo de sierra de cinta para rollizos. Como esta máquina determina el volumen de rollizos que pueden aserrarse, las otras deben adaptarse a la producción de la misma. Pueden emplearse los tipos siguientes de sierras cabeceras: una sierra de cinta para rollizos ligera, capaz de aserrar  $10 \text{ m}^3$  de rollizos por día; una moderna sierra de cinta para rollizos capaz de aserrar diariamente  $20 \text{ m}^3$  de rollizos; una moderna sierra de cinta para rollizos y equipo de aserradero mecanizado capaces de aserrar diariamente  $35 \text{ m}^3$  de rollizos.

Otra posibilidad que debe considerarse es una instalación equipada con una línea clavadora automática. Como se calcula que una paleta requiere  $0,1 \text{ m}^3$  de rollizo, la producción diaria de unidades equipadas con las sierras de cinta aludidas será de 100, 200 y 350 paletas, respectivamente; una unidad equipada con una línea clavadora automática producirá, a su vez, 1.500 paletas diarias.

Según el número de paletas que hayan de fabricarse por día, se precisará el equipo siguiente:

*50 paletas:* sierra de cinta para rollizos ligera, sierra de reaserrar, sierra tronadora de cadena, tupí, taladradora, máquina clavadora portátil;

*100 paletas:* el mismo equipo;

*200 paletas:* sierra de cinta para rollizos moderna, sierra de reaserrar, sierra de tronar de hojas múltiples, sierra de cantear de hojas múltiples, tupí, taladradoras, dos máquinas clavadoras portátiles;

*300 paletas:* aserradero mecanizado, máquinas clavadoras fijas;

*1.500 paletas:* aserradero mecanizado, línea clavadora automática.

El cuadro 5 da una idea aproximada de las inversiones necesarias para el equipo que interviene directamente en el proceso de fabricación y del número mínimo de trabajadores que se requiere.

Según este cuadro, la producción mínima de una unidad verticalmente integrada debe ser de unas 100 paletas diarias, lo que corresponde a una capacidad mínima de elaboración de rollizos de  $10 \text{ m}^3$  diarios. El cuadro también indica que el nivel de la inversión por unidad manufacturera disminuye en un 20% cuando se pasa de 100 a 1.500 paletas por día, mientras que la productividad de la mano de obra se multiplica casi por seis al pasar de 100 a 1.500 paletas por día.

CUADRO 5. INVERSION Y MANO DE OBRA NECESARIAS PARA LA PRODUCCION DE PALETAS

<i>Producción diaria</i>	<i>Rollizos necesarios (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Inversión (dólares)</i>	<i>Inversión por paleta producida diariamente (dólares)</i>	<i>Número mínimo de trabajadores</i>	<i>Producción por trabajador</i>
50	5	20.000	400	10	5
100	10	20.000	200	15	6,7
200	20	35.000	175	20	10
350	35	60.000	170	25	14
1.500	150	240.000	160	40	37,5

#### *Embalajes ligeros (cajas para manzanas)*

El nivel de producción de embalajes ligeros está determinado por la capacidad de producción de varios tipos de máquinas, especialmente el torno de desenrollo y las máquinas de engrapillar de cabeza múltiple. Debe procurarse por todos los medios lograr un equilibrio adecuado entre estas capacidades de producción. El tamaño mínimo de la unidad de aserrado viene determinado por la sierra cabecera, que debe tener por lo menos un carro de avance manual. Partiendo de la capacidad de producción del torno de desenrollo, y determinando el número de otras máquinas diversas a base de la producción del mismo, pueden alcanzarse los siguientes niveles de producción diaria, para los que se requiere el equipo que a continuación se indica:

*2.000 cajas para manzanas diarias:* torno de desarrollar de 0,80 m de diámetro; sierra con un carro de avance manual; 2 máquinas de engrapillar de avance intermitente y de cabeza múltiple; máquina de hacer listones; 1 unidad de montaje;

*4.000 cajas para manzanas diarias:* descortezadora; torno de desarrollar de 0,80 m de diámetro; sierra con un carro de avance manual; 3 máquinas de engrapillar de avance intermitente con cabeza múltiple; máquina de hacer listones; 2 unidades de montaje;

*8.000 cajas para manzanas diarias:* descortezadora; torno de desarrollar de 1,40 m de diámetro; sierra con un carro de avance manual; 1 máquina de engrapillar de avance intermitente con cabeza múltiple; 2 máquinas de engrapillar (una para los testers) de avance continuo con cabeza múltiple; 4 unidades de montaje;

*16.000 cajas para manzanas diarias:* descortezadora; 1 torno de desarrollar de 1,40 m de diámetro; 2 tornos de desarrollar de 0,80 m de diámetro; sierra de cinta para rollizos; 6 máquinas de engrapillar (dos para los testers) de cabeza múltiple; 8 máquinas para los entramados; una máquina automática para hacer fondos.

En el cuadro 6 se indica la inversión y el número de trabajadores necesarios para la fabricación de embalajes ligeros.

CUADRO 6. INVERSION Y MANO DE OBRA NECESARIAS PARA LA PRODUCCION DE EMBALAJES LIGEROS

Producción diaria	Madera necesaria (m <sup>3</sup> )		Inversión (dólares)	Inversión por embalaje producido diariamente (dólares)	Número mínimo de trabajadores	Producción por trabajador
	Desenrollo	Aserrado				
2.000	6	2,5	37.000	18,5	20	100
4.000	12	5	50.000	12,5	30	133
8.000	24	10	76.000	9,5	50	160
12.000	36	15	120.000	10	70	170
16.000	48	20	160.000	10	80	200

Este cuadro demuestra que el nivel de inversión por unidad de producto manufacturado permanece prácticamente constante a partir del momento en que se alcanza un nivel de producción diaria de unos 20 m<sup>3</sup> rollizos (aproximadamente, 1 millón de embalajes por año), pero que la productividad de la mano de obra aumenta, por el contrario, en función de la escala de producción. Una producción diaria de 2.000 embalajes indica un aprovechamiento deficiente del equipo y de la mano de obra; 4.000 embalajes diarios permiten un buen aprovechamiento de la mano de obra si se emplean máquinas de engrapillar de avance intermitente y de cabeza múltiple; con 8.000 embalajes diarios la productividad de la mano de obra aumenta si se emplean máquinas de engrapillar de avance continuo y cabeza múltiple. Pero en cambio, una producción de 12.000 embalajes diarios no aporta casi ninguna mejora. Finalmente, una producción diaria de 16.000 embalajes permite el aprovechamiento efectivo de una máquina automática para la fabricación de fondos.

Para unidades verticalmente integradas de producción de embalajes ligeros vienen resultando ventajosos tres niveles de producción: los correspondientes a una capacidad diaria de elaboración de rollizos de 15–20 m<sup>3</sup>, 30–40 m<sup>3</sup> y 70 m<sup>3</sup>, respectivamente. Debe señalarse, como contraste, que, si los procesos de fabricación de paneles y de montaje son independientes, las unidades de producción de paneles estarán sujetas a los niveles indicados, mientras que para los talleres de montaje sólo existirán dos niveles: el nivel inferior (2.000 embalajes diarios) y el nivel superior (16.000 embalajes diarios), precisándose para éste una máquina automática de hacer fondos.

#### *Cajas armadas*

El volumen de producción de cajas armadas está determinado por el rendimiento de la máquina de fabricación de las "hojas"; todo el equipo restante debe adaptarse a la producción de ésta. Como la unidad viable más pequeña para la fabricación de cajas armadas comprende una máquina que produce una hoja sencilla, seguidamente se consideran tres posibilidades de producción: unidad dotada de una máquina para hojas sencillas; unidad con una máquina para hojas dobles; y unidad con tres máquinas para hojas dobles. Los cálculos se basan en la producción de cajas para

cítricos de una capacidad de 20 kg cada una, lo que representa un consumo de 4,2 dm<sup>3</sup> de rollizos para desenrollo y 1,8 dm<sup>3</sup> de rollizos para aserrado:

- a) Una máquina para hojas sencillas produce 5.000 embalajes diarios y requiere una descortezadora, un torno de desarrollar de 1,40 m, un secadero y una sierra con un carro de avance manual.
- b) Una máquina para hojas dobles produce 10.000 embalajes diarios y requiere una descortezadora, dos tornos de desarrollar, dos secaderos y una sierra de cinta para rollizos.
- c) Tres máquinas para hojas dobles producen 30.000 embalajes diarios y requieren una descortezadora, cinco tornos de desarrollar, seis secaderos y un aserradero mecanizado.

El cuadro 7 proporciona datos aproximados sobre la inversión y el número de trabajadores necesarios para cada una de las tres unidades manufactureras.

CUADRO 7. INVERSION Y MANO DE OBRA NECESARIA PARA LA PRODUCCION DE CAJAS ARMADAS

Unidad manufactureras	Produc- ción diaria	Rollizos necesarios (m <sup>3</sup> )		Inversión (dólares)	Inversión por caja armada pro- ducida dia- riamente (dólares)	Número mínimo de trabaja- dores	Producción por trabajador
		Desen- rollo	Ase- rrado				
Una máquina para hojas sencillas	5.000	21	9	120.000	24	30	167
Una máquina para hojas dobles	10.000	42	18	175.000	17,5	50	200
Tres máquinas para hojas dobles	30.000	126	54	500.000	16,5	125	240

Este cuadro demuestra que resulta ventajoso fabricar hojas dobles siempre que sea posible. La unidad más pequeña para la producción de cajas armadas debe poder elaborar diariamente unos 30 m<sup>3</sup> de rollizos, lo que representa una producción anual de 1-1,2 millones de cajas (similares a las utilizadas para cítricos), pero es preferible una unidad con capacidad para 2-2,4 millones de cajas. Las unidades mayores permiten aumentar la productividad de la mano de obra por su mayor grado de mecanización, pero únicamente puede considerarse su empleo cuando los ahorros en mano de obra sean superiores al costo de la mecanización.

De las consideraciones precedentes sobre los problemas de la integración vertical y horizontal y las economías de escala se deduce que en la decisión final con respecto

a la ubicación y al tamaño de las unidades manufactureras deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- a) La situación geográfica relativa de las zonas forestales y de las zonas de consumo. Este aspecto deja de ser importante, sin embargo, en el caso de las paletas, de las cajas armadas y, en general, de todos los embalajes entregados planos o encajados unos en otros.
- b) El nivel de consumo en la zona que se considere, que será poco extensa en el caso de los embalajes rígidos oblongos y mucho mayor para otros tipos de embalajes.
- c) La unidad manufacturera mínima que según las posibilidades técnicas de las diversas máquinas resulte económica.
- d) La relación entre las inversiones totales y la capacidad de producción, por una parte, y los costos de la mano de obra, la especialización y la capacidad de producción, por otra.
- e) La posibilidad de obtener en el país ciertos tipos de máquinas o la necesidad de importarlas. La importación puede entrañar problemas de divisas que pueden obligar a adoptar soluciones posiblemente no muy bien fundadas desde un punto de vista técnico, pero que resultan necesarias por razones económicas de otra índole.
- f) Problemas de empleo. En algunos países puede resultar conveniente emplear un máximo de mano de obra en lugar del mínimo requerido. Aunque parezca que la adopción de tales soluciones no contribuye al desarrollo industrial del país, puede ser necesaria por razones sociológicas.

Debe recordarse, finalmente, que pueden justificarse distintos niveles de producción, según se consideren desde un punto de vista financiero, comercial, de investigación o de producción.

## *Capítulo 6*

# REGLAMENTOS INTERNACIONALES, ACTIVIDADES INTERNACIONALES Y DOCUMENTACION

### **Reglamentos internacionales**

El transporte y la manutención son objeto de muchos reglamentos nacionales. En cambio hay pocos reglamentos internacionales al respecto, y los que existen se refieren únicamente al transporte y sólo tienen valor de recomendaciones. Dichos reglamentos sólo son obligatorios en los países que dan su consentimiento formal para que sean aplicables en sus territorios.

#### *Mercancías ordinarias*

##### *Transporte ferroviario*

El transporte ferroviario internacional es objeto del Convenio de Berna, llamado Convenio CIM (Convenio internacional sobre transporte de mercancías por ferrocarril), que fue concertado el 25 de febrero de 1961 y entró en vigor el primero de enero de 1965, teniendo hasta la fecha 37 signatarios.

Este convenio se refiere al contrato de transporte, su ejecución y modificaciones, responsabilidades, reclamaciones administrativas, acciones judiciales, procedimientos y reglamentos. La cuestión del embalaje sólo se menciona en el artículo 12, en el que únicamente se dice que cuando la mercancía es de tal naturaleza que requiere un embalaje, el expedidor debe embalarla de tal manera que quede protegida de pérdidas o daños totales o parciales durante el transporte y no pueda causar perjuicios a personas, materiales u otras mercancías. El embalaje debe cumplir las especificaciones de las tarifas y los reglamentos del ferrocarril utilizado para la expedición.

##### *Transporte por carretera*

El transporte por carretera es objeto de la Convención de Ginebra que se firmó el 19 de mayo de 1956 y entró en vigor el 2 de julio de 1961. En ella no se consideran los problemas del embalaje. Su título es "Convención sobre el contrato de transporte internacional de mercaderías por carreteras" y se la suele designar por las siglas CMR.

### *Transporte fluvial*

El transporte fluvial no es objeto de ninguna convención internacional.

### *Transporte aéreo*

El transporte aéreo es objeto de la Convención de Varsovia de 12 de octubre de 1929.

### *Transporte marítimo*

El transporte marítimo es objeto de la Convención de Bruselas de 25 de abril de 1924. Lo mismo que las convenciones anteriormente mencionadas, la de Bruselas no trata en detalle de problemas de embalaje. Solamente se estipula, en el párrafo 2 del artículo 4, que ni la compañía de transporte ni los dueños de la nave serán responsables de las pérdidas o perjuicios resultantes de un embalaje inadecuado o causados por éste.

Debido a las reservas que las compañías de navegación hacen constar en sus conocimientos de embarque para eludir las responsabilidades por los daños resultantes de un embalaje inadecuado, el daño a las mercancías transportadas por vía marítima, y también por otros medios de transporte, suele ser motivo de controversia entre las diversas partes en la operación de transporte —el expedidor, la compañía de transporte, la compañía de navegación y el destinatario. Sin embargo, al expedidor se le plantea un problema complicado porque no hay reglamentos concretos sobre el embalaje de mercancías transportadas por mar, tierra o aire, salvo cuando se trata de sustancias peligrosas. En cada caso se debe hacer una evaluación empírica para decidir si el embalaje es suficiente para proteger a las mercancías contra los riesgos inherentes a la modalidad de transporte prevista. A este respecto, la práctica comercial habitual es un criterio válido, y por esta razón el transportista no puede alegar que el embalaje era insuficiente, para rechazar una reclamación por daños, si se puede demostrar que dicho embalaje se ajustaba a la práctica comercial habitual. Sin embargo, dicha práctica puede variar de un país a otro.

### *Mercaderías peligrosas*

Las condiciones de transporte y de embalaje de mercaderías peligrosas se estipulan en cuatro reglamentos, uno para el transporte por carretera, conocido como reglamento del 15 de abril de 1945, uno para el transporte ferroviario, denominado reglamento RID (*Reglement international concernant le transport des marchandises dangereuses*), otro para el transporte marítimo y otro para el transporte aéreo (reglamentos de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA)). Estos reglamentos se enmiendan regularmente para tener en cuenta las novedades acaecidas en materia de transporte y de métodos de embalaje. En ellos se incluye una clasificación de las mercancías y se especifica el tipo de embalaje que se debe usar para cada producto, las características generales del embalaje y su peso bruto total admisible, así como ciertos ensayos de resistencia que varían de un reglamento a otro.

El Comité de Expertos en Transporte de Mercaderías Peligrosas del Consejo Económico y Social de las Naciones Unidas ha emprendido un estudio de recomendaciones relativas al embalaje de mercaderías peligrosas que sean aplicables a todas las modalidades de transporte.

### *Bienes perecederos*

El embalaje de frutas y verduras ha sido objeto de largos debates en la CEPE, y su Comité de Transportes Interiores aprobó el 19 de enero de 1967 la resolución 203 relativa a la normalización de los embalajes de madera para frutas y verduras utilizados en el transporte y el comercio internacionales.

### Actividades internacionales y documentación

Además de los reglamentos internacionales precedentes, la Organización Internacional de Normalización (ISO) se ocupa de problemas de embalaje a escala internacional por intermedio de sus diversos comités técnicos.

El Comité Técnico 51 de la ISO estudia los problemas de normalización de paletas y ha publicado las recomendaciones siguientes<sup>6</sup>:

- R 198: *Double-deck flat pallets for through transit of goods* (paletas de doble cubierta para transporte directo de mercancías);
- R 329: *Large pallets for through transit of goods* (paletas de grandes dimensiones para transporte directo de mercancías);
- R 509: *Standard dimensions of pallet trucks* (dimensiones estándar de paletas);
- R 455: *Vocabulary of terms relating to pallets* (terminología de las paletas).

El Comité Técnico 104 de la ISO (contenedores para mercancías) ha publicado las recomendaciones siguientes:

- R 668: *Dimensions and maximum gross weight of freight containers* (dimensiones y peso bruto máximo de contenedores para mercancías);
- R 790: *Marking of freight containers, series 1 and 2* (marcas de los contenedores para mercancías, serie 1 y 2);
- R 830: *Terminology relating to freight containers* (terminología de contenedores para mercancías).

El Comité Técnico 104 de la ISO ha aprobado los siguientes proyectos:

- DR 1019: *Specification of corner fittings for series 1 freight containers: 1A, 1B, 1C and 1D* (especificaciones de las cantoneras para contenedores para mercancías de la serie 1: 1A, 1B, 1C y 1D);

<sup>6</sup> Estos documentos se pueden conseguir en las organizaciones nacionales de normalización o en la secretaría central de la ISO, 1 rue de Varembé, 1211 Genève 20, Suiza.

- DR 1496: *Specifications and testing of series 1 freight containers* (especificaciones y ensayos de los contenedores para mercancías de la serie 1);
- DR 1497: *Specifications and testing of series 2 freight containers* (especificaciones y ensayos de los contenedores para mercancías de la serie 2).

El Comité Técnico 122 de la ISO (embalajes) se ha creado hace muy poco tiempo y todavía no ha podido formular recomendaciones. El Subcomité 1 de este Comité Técnico está estudiando los problemas de las dimensiones de los embalajes. El Subcomité 3 ha aprobado proyectos relativos a métodos de ensayos de compresión, caída libre, vibración, choques horizontales y envolturas internas. En la actualidad estudia programas de ensayos para reproducir en el laboratorio las tensiones a que se encuentran sometidos los embalajes durante el transporte.

### Documentación

Desde el punto de vista de la documentación propiamente dicha no hay publicaciones internacionales, aparte de las ya mencionadas. Sin embargo, en muchos países se han publicado estudios, resultados de investigaciones y especificaciones. Desgraciadamente, no se dispone ni siquiera de una lista parcial de las mismas, aunque ésta permitiría evitar duplicaciones en los estudios que ya se han efectuado.

Lo más que se puede hacer en la actualidad es indicar las fuentes principales de documentación, que son de dos tipos: organizaciones nacionales de normalización y laboratorios o centros de investigación<sup>7</sup>, en particular el Forest Products Laboratory, de Madison, Wisconsin, EE.UU.; el laboratorio de Kaluga, de la URSS; el Virginia Polytechnic Institute, de Blacksburg, Virginia, EE.UU.; y el Centre Technique du Bois, de París, Francia.

<sup>7</sup> Véase la lista de laboratorios de investigación que figura en el anexo 1.

## Capítulo 7

# TENDENCIAS EN EL EMPLEO DE LA MADERA PARA EMBALAJES EN PAISES EN DESARROLLO

La evolución a largo plazo del empleo de la madera para embalajes en los países en desarrollo va ligada al nivel actual del desarrollo y de la evolución general de esos países. Una política realista en materia de embalajes será un factor que contribuirá al desarrollo de un país y, recíprocamente, el desarrollo de un país entrañará la expansión del mercado de embalajes. Pero hay otros factores que también hay que tener en cuenta en la evolución del empleo de la madera para embalajes. Uno de los más importantes es la disponibilidad de materias primas, es decir, la existencia de bosques que ya estén en explotación. En segundo orden de importancia figura el clima. Las cajas de cartón ondulado son sensibles a la humedad y, por consiguiente, se difundirán con menor rapidez en países de clima tropical húmedo que en países de clima seco. Por lo tanto, los embalajes de madera se defenderán mejor contra la competencia de las cajas de cartón ondulado en ciertos países. Por último, la evolución del empleo de embalajes de madera estará ligada a la forma y a la orientación del desarrollo del país. El desarrollo de la agricultura en un país será más favorable al empleo de la madera para embalajes que el de la industria manufacturera. Es difícil definir una línea general de la evolución del empleo de embalajes de madera sin tener en cuenta esos diferentes factores y sin poseer un conocimiento exacto de la evolución de cada uno de los países interesados, cosa que exigiría realizar un estudio económico país por país.

### Factores económicos que influyen sobre la evolución

El desarrollo económico de un país trae consigo un aumento de la producción; un consumo mayor; más actividades comerciales; y un aumento del costo de la mano de obra, lo que conduce a la mecanización de los procesos de fabricación y mantenimiento. Partiendo de estas ideas, en las páginas siguientes se esboza la evolución del empleo de embalajes de madera a la luz de su diseño y de los procesos de fabricación disponibles.

La introducción de la mecanización se traduce en un aumento del peso medio de las unidades de carga, las cuales pueden ser objeto de mantenimiento recurriendo fundamentalmente a dos medios: la paletización y la containerización.

Sin duda alguna, la paletización será el primer medio que se usará, ya que sólo exige inversiones limitadas y al principio puede encargarse de ello una sola empresa.

La paletización permite la manutención de cargas unitarias del orden de un metro cúbico o de una tonelada, lo que corresponde a ciertas posibilidades de comercialización, pues según sea la importancia de un mercado será más o menos grande la unidad de comercialización: un mercado importante permite emplear unidades de comercialización también importantes.

Cuando un país haya alcanzado un desarrollo tal que la paletización represente de por sí un nuevo factor de desarrollo, ese medio se generalizará. Cabe esperar entonces, para los embalajes, una disminución considerable de las tensiones causadas por las caídas, ya que la paletización elimina muchas operaciones de manutención. Sin embargo, las caídas debidas a una mala utilización de las paletas deben ser consideradas como accidentes. La paletización no disminuye las tensiones originadas por las vibraciones durante el transporte; ahora bien, esas tensiones se pueden reducir mejorando la red de carreteras y los vehículos utilizados para el transporte. En cambio, la paletización hace que aumente la altura de los elementos apilados y, por consiguiente, las fuerzas de compresión; de ahí que convenga hacer más ligeros los embalajes y a la vez reforzarlos, lo que tal vez parezca contradictorio. Ahora bien, en realidad esto quiere decir que las cajas de madera aserrada se reemplazarán por embalajes más ligeros y que resistan bien a la compresión tales como las cajas de madera terciada y las cajas armadas.

Cabe esperar que la containerización, que todavía se encuentra en sus comienzos, se desarrolle mucho en el comercio entre países industrializados y se extienda poco a poco a todo el comercio mundial, país por país en función del desarrollo de cada uno de éstos. Sin embargo, se necesitan grandes inversiones para ello, y las unidades de comercialización han de ser de 15 a 30 toneladas. En general, los embalajes seguirán siendo necesarios para la containerización. El empleo de contenedores elimina prácticamente las tensiones debidas al apilamiento o las causadas por las caídas así como las debidas a ciertas condiciones climáticas como la exposición al sol o a la lluvia. Ahora bien, seguirán produciéndose las tensiones originadas por las vibraciones y las debidas a los choques laterales que tienen lugar durante la manutención. Como el uso de contenedores implica en los buques una pérdida importante de volumen útil, los embalajes colocados en contenedores permiten que la relación entre el volumen útil y el volumen total sea la más elevada posible. La containerización entrañará un menor empleo de las cajas de madera aserrada y un aumento de las cajas de madera terciada (en particular de las que tienen armadura metálica), de las cajas armadas, las cajas de cartón ondulado y otras técnicas de embalaje como los plásticos contraíbles.

El aumento del costo de la mano de obra trae consigo la tendencia a la mecanización de las operaciones y a la producción de tipos de embalajes que requieran el menor coeficiente de mano de obra o para los cuales ese coeficiente se pueda reducir. Cuanto mayor sea el costo de la mano de obra en relación con el costo total de un embalaje tanto más vulnerable será ese tipo de embalaje a la sustitución por un tipo más favorable. Las cajas de madera aserrada necesitan mucha mano de obra y las posibilidades de mecanización para su fabricación son relativamente pequeñas. Sin embargo, gran parte del costo de las cajas de madera terciada proviene del costo de este material y su fabricación puede mecanizarse. Las cajas de madera terciada con armadura metálica fabricadas en una línea de producción se colocarán mejor que las cajas con testeros reforzados.

La mecanización de la fabricación de embalajes ligeros ha alcanzado ya un cierto nivel, pero se está intentando alcanzar un nivel de automatización más elevado. En la

fabricación de cajas armadas se ha llegado ya a un grado de mecanización satisfactorio, pero, al igual que sucede con los embalajes ligeros, nunca se alcanzará el nivel posible en la manufactura de cajas de cartón ondulado o de cajas de plástico moldeado como la espuma de poliestireno.

El aumento del nivel de vida trae consigo un mayor consumo de artículos, y la producción de embalajes aumenta incluso más rápidamente que el consumo. Esta producción en masa redundará en beneficio de las unidades importantes capaces de atender a las necesidades del mercado; esas unidades permitirán siempre una mejor mecanización y una automatización más grande que las unidades pequeñas. Por ello, este fenómeno reforzará la tendencia a la mecanización a que se ha hecho referencia más arriba y favorecerá ciertos tipos de embalajes con relación a otros.

A medida que aumenta el producto interno bruto por habitante aumenta el empleo del embalaje desechable en relación con el embalaje reutilizable. De ahí que sea necesario producir embalajes cada vez más ligeros y más baratos y en cantidades más importantes. Como han mostrado los estudios realizados últimamente, las cajas de madera aserrada pueden hacerse más ligeras, pero, incluso cuando se ha reducido su peso al máximo, tal vez no puedan tener el poco peso y el bajo precio que se necesita para que resulten competitivas con las cajas de cartón ondulado. Las cajas de madera terciada, sobre todo las que tienen armadura metálica, pueden ser competitivas con las de cartón desde el punto de vista del peso, pero su costo de producción será siempre mayor. Cuando las condiciones de producción son favorables, el peso de los embalajes ligeros y de las cajas armadas puede llegar a ser el de las cajas de cartón. Es probable que el costo de los embalajes ligeros siga siendo competitivo con el de las cajas de cartón durante mucho tiempo, y que el de las cajas armadas siga siendo más alto.

### Factores técnicos que influyen sobre la evolución

Podremos formarnos una idea sobre la evolución de los embalajes de madera y de la estructura de las unidades de producción mediante este rápido análisis de las consecuencias del aumento del producto interno bruto por habitante a que se ha aludido más arriba; pero antes de llegar a conclusiones es necesario tener en cuenta un cierto número de problemas técnicos que también ejercen una gran influencia sobre la evolución de los embalajes de madera y sobre su posición con respecto a los embalajes hechos con otros materiales.

La elevación del nivel de vida no sólo trae consigo la producción de artículos en masa destinados al consumo, sino también un aumento en el consumo de artículos de empleo especializado, tales como las máquinas-herramientas. Por ello es necesario prever no sólo la producción en masa de embalajes normalizados, sino también la de embalajes hechos a medida para atender a necesidades especiales. Esta producción de embalajes a medida o en pequeñas series tal vez no sea factible en grandes unidades que utilizan maquinaria de gran producción, y por ello quizá sea necesario mantener, paralelamente a esas grandes unidades, pequeñas unidades adaptadas a este trabajo especializado. La fabricación de embalajes de madera, en especial de embalajes clavados y de embalajes de madera terciada con teseros reforzados, se puede adaptar mucho más fácilmente al trabajo a medida que la de cajas de cartón o, incluso más, que la de embalajes de plástico moldeado.

Independientemente de su tipo, los embalajes deben resistir a las tensiones que se producen durante el transporte. En lo que respecta a los embalajes desechables destinados al mercado interno, las cajas de cartón ondulado de 2 ó 3 capas presentan normalmente una resistencia suficiente (aunque esa resistencia depende de la calidad), pero sólo se pueden utilizar para el transporte de mercancías que pesen hasta unos 60 kg o de objetos unitarios como aparatos para usos domésticos, cocinas y refrigeradores, colocados sobre un soporte de madera. Una vez que se haya alcanzado el nivel de desarrollo necesario para que se adopten los embalajes sin retorno, la caja de cartón ondulado llegará a representar una proporción muy importante del sector de embalajes, pero los embalajes de madera seguirán utilizándose para productos que pesen más de 60 kg.

El transporte por vía marítima origina tensiones mucho más grandes que las que se producen durante el transporte terrestre, tanto las producidas por el transporte propiamente dicho como por la manutención. En el transporte por vía marítima, las operaciones de manutención son más numerosas y más brutales, las alturas de las calas son mayores que cuando se utilizan vehículos terrestres y los movimientos del buque originan tensiones mucho más grandes que en los vagones de ferrocarril o en los camiones. Para ese tipo de transporte, por lo tanto, los embalajes de madera —en particular de maderas aserradas, de maderas terciadas y las cajas armadas— se seguirán prefiriendo a las cajas de cartón ondulado.

En vista de que el costo del transporte por vía marítima se basa en el volumen, los embalajes de madera terciada y las cajas armadas resultan preferibles a los de madera aserrada debido a que su volumen útil es mayor. Ahora bien, los embalajes de madera pueden tropezar algún día con la competencia de las cajas de cartón ondulado de tres capas cuando la producción de las mismas, la cual ha empezado en los países industrializados sólo en los últimos tiempos, alcance un nivel suficiente en relación con el transporte por vía marítima. Este tipo de caja podría emplearse en vez de los embalajes de madera para transportar por vía marítima productos para los cuales las cajas de cartón de dos capas se utilizan para el transporte por el interior del país.

Además de las tensiones mecánicas que los embalajes tienen que soportar durante el transporte, los embalajes también están sujetos a las tensiones producidas por los elementos climáticos tales como la lluvia, el frío, el calor o la humedad. Las cajas de cartón ondulado son sensibles a la humedad: si quedan expuestas a la lluvia o incluso a la humedad, su resistencia se reduce considerablemente. Por lo tanto, deberán conservarse el abrigo de la lluvia y de la humedad. En lo que respecta a la lluvia, esa protección suele ser posible, pero en cuanto a la humedad es prácticamente imposible. En los países tropicales de clima húmedo, las cajas de cartón ondulado tendrán que tropezar con dificultades técnicas de utilización y su empleo en esos países será limitado a menos que sean sometidas a un tratamiento especial de protección, lo que eleva su precio considerablemente. Los embalajes de plástico que existen ahora en el mercado son sensibles al frío, que los hace frágiles, y al calor que los ablanda y les hace perder una parte importante de su resistencia a la compresión; por lo tanto, el empleo de embalajes de plástico en países propicales será muy limitado. Las tensiones climáticas, que se agregan a las tensiones mecánicas y las agravan, limitarán el desarrollo de ciertos tipos de embalaje que, por razones puramente económicas, podrían sustituir a los embalajes de madera.

Además de soportar las tensiones que se producen durante el transporte, los embalajes deberán adaptarse también a los productos que transportan. La fragilidad

de éstos no ejercerá gran influencia sobre el tipo de embalaje utilizado puesto que su protección contra los choques se puede efectuar mediante embalajes internos y la protección contra la humedad exterior mediante materiales-barrera (hojas). Ahora bien, muchos artículos, especialmente los productos perecederos como las frutas, las legumbres, las aves de corral muertas y el pescado, desprenden por sí solos ya sea humedad, que se transmite al embalaje, o gases, que, en un espacio cerrado, hace que aumente la temperatura y se acelere la descomposición de esos productos.

Debido a que desprenden humedad y gases, los frutos y legumbres frescos necesitan mucha ventilación incluso cuando estén refrigerados. De ahí que no puedan emplearse cajas de cartón ondulado a menos que hayan sido tratadas contra la humedad o que los productos se puedan envasar con envolturas higrófugas sin el riesgo de un aumento peligroso de la temperatura. La probabilidad de que se estropee la caja de cartón depende de la duración del transporte y de la tasa de desprendimiento de humedad. Los embalajes de espuma de poliestireno, utilizados a causa de sus propiedades de aislamiento térmico, no permiten una ventilación suficiente y conservan el calor desprendido por el producto; estas causas traen consigo su deterioro.

El pescado fresco se embala siempre húmedo y se agrega hielo, el cual se funde hasta cierto punto durante el transporte, por lo cual no podrán utilizarse cajas de cartón ondulado con esa finalidad sin interponer cubiertas impermeables. En cambio, los embalajes de espuma de poliestireno, insensibles a la humedad, se adaptan bien a ese tipo de transporte debido a que sus propiedades aislantes permiten reducir la cantidad de hielo que se necesita.

Las aves de corral muertas desprenden humedad y por ello requieren una buena ventilación; de ahí que no puedan embalarse en cajas de cartón ondulado ni en embalajes de espuma de poliestireno a menos que se trate de artículos congelados o sobrecongelados.

El desarrollo y la evolución de los embalajes de madera dependen en gran medida de las condiciones económicas de la oferta de las materias primas necesarias. Las materias primas constituyen la parte principal del costo de todos los embalajes. Por lo tanto, el costo del embalaje dependerá en gran parte del de las materias primas, es decir, la madera, el cartón y los plásticos, en el país en que se fabrique. Ahora bien, ese costo es uno de los criterios fundamentales para la elección del tipo de embalaje que vaya a emplearse (aunque, como es natural, habrán de tenerse en cuenta las ventajas que un determinado embalaje presente durante todo el ciclo comercial). A este respecto es necesario comparar no sólo el precio de compra del embalaje propiamente dicho sino también el costo de las envolturas interiores, del transporte y, llegado el caso, de la destrucción del embalaje: en otras palabras, los costos totales.

### Materiales competitivos

En el presente estudio, entre los materiales que pueden competir con la madera, sólo se han citado el cartón ondulado, la espuma de poliestireno y los plásticos contrasbles ya que son los únicos materiales que realmente entran en competencia con los embalajes de madera. Las botellas y francos de vidrio o de plástico se utilizan para envasar líquidos en pequeñas cantidades; pero no se consideran normalmente como envases de transporte, y nunca se han utilizado envases de madera para el transporte de líquidos en unidades de pequeña capacidad. Existe una cierta

competencia entre el transporte de líquidos en pequeñas unidades o a granel utilizando barriles o toneles, pero el empleo de bidones metálicos y de varios tipos de cisternas, e incluso de oleoductos, ha permitido que ese tipo de embalajes de madera resulte anticuado.

El papel se emplea en el embalaje en las formas siguientes:

- a) En cajas de cartón ondulado o compacto, que constituyen el competidor más directo y activo del embalaje de madera, sobre todo en el mercado interno y para productos industriales;
- b) En cartonajes utilizados en forma de cajas o de estuches plegables para envolver productos que se venden en almacenes minoristas; esos productos no representan una competencia para los embalajes de madera;
- c) En sacos de papel de gran capacidad utilizados para el transporte de sustancias en polvo o granuladas como el cemento, los fertilizantes o productos químicos que deben transportarse en envases herméticos o impermeables; los embalajes de madera no reúnen estas condiciones;
- d) En bolsas de papel de capacidad pequeña y media, y en papel para embalajes especiales.

Las propiedades técnicas de los metales varían mucho y se emplean diferentes metales —acero, cobre, aluminio, plomo y hojalata— para utilizaciones diversas. De esos metales, los más empleados son el aluminio, la hojalata y las chapas finas de acero. El aluminio se emplea en forma de hojas, a veces en combinación con otros materiales, o de tubos y latas empleados como envases. La hojalata y la chapa fina de acero se emplean para fabricar envases como latas de conservas, para pinturas o lubricantes y aerosoles o para barriles o bidones para el transporte de líquidos. Esos recipientes pueden constituir una competencia para los toneles y barricas de madera salvo que, como hemos dicho, resultan ya anticuados.

Las sustancias plásticas, debido a que existen muchos tipos y a que se descubren frecuentemente nuevos empleos para tales productos, constituyen un sector dinámico de la industria del embalaje. En este estudio nos ocupamos solamente de los productos existentes. Sin embargo, algunas autoridades en la materia creen que de aquí a 20 ó 30 años, el 50% de los embalajes serán de materias plásticas todavía desconocidas.

En el estado actual de nuestros conocimientos, los productos plásticos se utilizan en las formas siguientes:

- a) En hojas, que sirven únicamente para envolver productos, salvo los plásticos contraíbles que se emplean para las unidades de transporte, especialmente de cargas paletizadas. Esos plásticos contraíbles representan una mayor competencia para las cajas de cartón ondulado que los embalajes de madera. Cuando se haya desarrollado completamente la técnica para su empleo, competirán con los embalajes de madera del mismo modo que ahora compiten con ellos las cajas de cartón.
- b) En bolsas, utilizadas con la misma finalidad que las bolsas de papel.
- c) En envases moldeados, ya sea de espuma de plástico, que pueden competir con los embalajes de madera para el transporte de pescado y de aves de corral congelados, o de polietileno o de cloruro de polivinilo (CPV). Habida

cuenta de su costo y resistencia, no pueden utilizarse más que para embalajes reutilizables. Como es lógico, ello va en contra de la tendencia hacia el empleo para el transporte, de embalajes desechables.

En cambio, los embalajes moldeados en forma de cajas o bandejas para piezas presentan un gran interés para las operaciones de manutención que se llevan a cabo dentro de las empresas y probablemente sustituirán a las cajas y embalajes de madera con esa finalidad a partir de cierto grado de desarrollo de un determinado país. Su costo inicial más elevado queda compensado, en el caso de la utilización interna, por una vida útil más larga y por el hecho de que no exigen reparaciones. En el caso de esos embalajes, cabe preguntarse si no sería posible utilizar envases de plástico en los países en desarrollo en vez de los de madera durante el período en que se suelen emplear embalajes reutilizables. Esto eliminaría la necesidad de desarrollar una industria de embalajes de madera. Sin embargo, la fabricación de envases de plástico moldeado requiere inversiones importantes y poca mano de obra, y el costo de la materia prima es elevado. El empleo de esos envases resulta económico únicamente cuando el costo de la mano de obra sea tan alto que el costo de los embalajes de madera sea casi igual que el de los envases de plástico moldeado y cuando el costo de las reparaciones de los embalajes de madera sea prohibitivo. Por otra parte, en un país con bajo nivel de vida, esos envases caros tenderán más a desaparecer a lo largo del ciclo comercial que los embalajes baratos. Los gastos de flete sobre este tipo de embalaje serían considerables.

El empleo de embalajes de plástico resulta paradójico. Cuando el nivel de vida de un país es bajo, los embalajes caros resultan inadecuados para el transporte. Cuando el nivel de vida es alto y el precio de esos embalajes ha llegado a ser relativamente menos elevado, ya no se emplearán puesto que entonces los embalajes sin retorno resultarán la forma más aceptable para los transportes. En cambio, para el transporte dentro de los almacenes o de las fábricas, es decir cuando se emplean embalajes reutilizables, los embalajes de plástico presentan un gran interés a partir del momento en que sus precios tienden a ser los de los embalajes de madera.

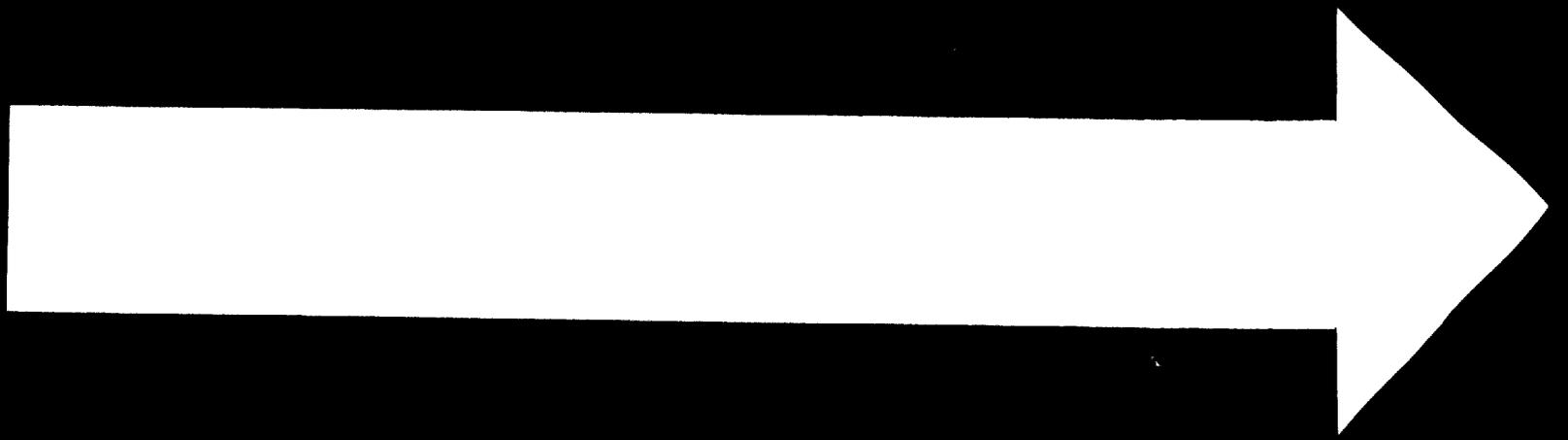
Estudiando detenidamente los factores económicos, técnicos y los materiales competitivos, es posible prever cuáles serán las líneas generales de evolución de la industria de embalajes de madera en relación con el desarrollo de un país. No deberán perderse de vista las condiciones del desarrollo —orientación de la producción hacia la industria o la agricultura, y orientación hacia el mercado interno o el de exportación— ya que estos elementos influirán mucho sobre la índole del desarrollo de esa industria.

A. continuación se describen brevemente las etapas del desarrollo:

*Primera etapa.* En un país en desarrollo de nivel de vida muy bajo, los embalajes de madera aserrada reutilizables y las cestas de mimbre o de otros materiales tejidos representarán la casi totalidad de los embalajes de transporte.

*Segunda etapa.* A medida que suba el nivel de vida y que aumente el consumo y la exportación de productos agrícolas, se utilizarán, para la exportación, embalajes ligeros, resistentes, de tipo reutilizable, y cajas armadas. Empezará la paletización, pero los embalajes de madera aserrada se seguirán utilizando ampliamente para los productos industriales.

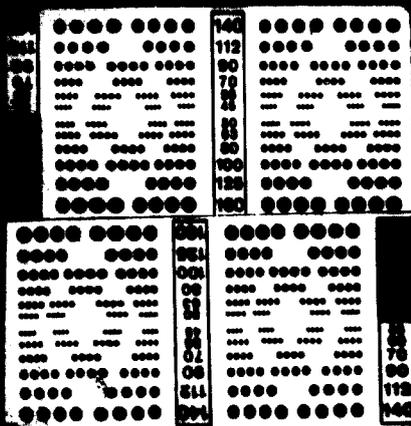
*Tercera etapa.* Las cajas armadas se utilizarán en el mercado interno; las cajas de cartón ondulado comenzarán a emplearse para los productos industriales en el



**3 - 12 - 74**

3 / 3

74ST00061



mercado interno y, para la exportación, se utilizarán embalajes de madera terciada. Se irá extendiendo el empleo de paletas y las cajas de madera aserrada irán perdiendo gradualmente su importancia.

*Cuarta etapa.* Los embalajes sin retorno comenzarán a ganar terreno en el mercado interno y las cajas de cartón ondulado se irán apoderando del mercado de productos industriales y se empezarán a utilizar experimentalmente para la exportación aunque los embalajes de madera (en particular, los de madera terciada y las cajas armadas) seguirán utilizándose todavía en general para la exportación. Los productos agrícolas se seguirán transportando en embalajes ligeros, pero se los hará bastante más livianos. Aunque esos embalajes serán todavía reutilizables, con ellos sólo se podrán efectuar algunos viajes y sólo servirán una primera vez para un transporte de larga distancia, pudiéndose utilizar después para transportes de corta distancia. Comenzarán a hacer su aparición materiales para envolver más complicados como los productos plásticos, el papel y los materiales complejos, y, por esta razón, el porcentaje de los embalajes de madera con relación al total de embalajes disminuirá de manera considerable.

*Quinta etapa.* Se seguirán generalizando para el transporte los embalajes desechables, y las cajas de cartón ondulado se utilizarán en casi todo el mercado para el transporte de productos industriales y alimentos corrientes; sin embargo, compartirán el mercado con los productos plásticos ya sea en forma de plásticos contraíbles o de espuma de poliestireno. Desaparecerá prácticamente la producción en masa de cajas de madera aserrada, y éstas se utilizarán únicamente para cajas hechas a medida. Los embalajes de madera terciada se emplearán entonces bastante para la exportación de productos industriales, junto con las cajas armadas, que también se utilizarán para el transporte de bienes perecederos. Se reducirá todavía más el peso de los embalajes ligeros, los cuales dominarán el mercado para el transporte de bienes perecederos. Se generalizará la paletización y las cestas y envases de plástico sustituirán a los embalajes de madera en lo que respecta a las operaciones de manutención.

*Sexta etapa.* Una vez que haya alcanzado un alto nivel de vida, el país de que se trate pasará definitivamente de los embalajes reutilizables para el transporte a los desechables. El papel y el cartón ondulado representarán la mitad del valor total de los embalajes; los embalajes metálicos, el 20%; y los de plástico, vidrio y madera, el 10%, cada uno de ellos.

Disminuirá todavía más el empleo de cajas de madera aserrada. Las cajas de madera terciada tal vez alcancen su utilización máxima debido a que se mejore la calidad de las cajas de cartón ondulado, y otro tanto cabe decir de las cajas armadas. Los embalajes ligeros perderán parte de sus salidas al mercado (pescado y aves de corral muertas) en beneficio de las cajas de plástico y de cartón ondulado, las cuales se seguirán introduciendo de manera considerable en el mercado de frutas y legumbres.

La paletización alcanzará su pleno desarrollo, y la producción de paletas compensará en parte las pérdidas de otras salidas que experimente la industria de la madera. Las paletas sin retorno, que se generalizarán para las exportaciones, harán su aparición en el mercado interno.

*Séptima etapa.* Se introducirán en el mercado interno los contenedores, y para el transporte casi se utilizarán en general embalajes desechables. La industria de embalajes de madera perderá todavía más terreno, y no representará más que un 5% del valor total de la industria del embalaje. La madera sólo se utilizará para embalajes hechos a medida para ciertos productos industriales y para transportar determinadas frutas y legumbres. En cambio, la madera seguirá dominando el mercado de paletas, incluso si algunas paletas desechables se fabrican con otros materiales.

En las figuras 35 y 36 se representan gráficamente el desarrollo de los embalajes de madera en relación con la totalidad de los embalajes (tanto para el transporte como para envolturas interiores) y la relación entre los diferentes tipos de embalajes que integran el sector de embalajes de madera. En las figuras se indica en qué etapa del desarrollo se introducen los distintos materiales, pero la etapa en que cabe introducir por vez primera envases de vidrio y metal puede variar considerablemente. En lo que respecta a los diversos tipos de embalajes de madera, los gráficos muestran los países cuya economía es fundamentalmente agrícola, es decir, los países que se bastan a sí mismos para la producción de artículos perecederos, especialmente frutas y legumbres. Por esta razón, en las figuras desempeñan un papel importante los embalajes ligeros. En países que importan frutas y legumbres, la parte del mercado que representan los embalajes ligeros se reduciría en función del nivel de las importaciones, al igual que la proporción de embalajes de madera dentro de la totalidad del sector. Aunque el empleo de embalajes de madera disminuye desde su nivel inicial al 25% en la tercera etapa y al 5% en la sexta etapa, la industria de embalajes de madera sigue progresando en términos absolutos. En la tercera etapa, en la que los gastos anuales por concepto de embalaje se cifran en cinco dólares por habitante, la madera representa el 25%, o sea, 1,25 dólares, mientras que en la sexta etapa, los gastos anuales por concepto de embalaje ascienden a 100 dólares por habitante; si bien la madera representa sólo el 5% de la cantidad, esa cifra es ahora de 5 dólares por habitante. Un país con 20 millones de habitantes tendrá en la tercera etapa una industria de embalajes de madera cuya cifra de negocios ascenderá a 25 millones de dólares. Si se supone que la tasa anual de crecimiento de la población es del 2,5% al principio de un período de 20 años y sólo del 1,5% al final del mismo, y si se supone también que, durante ese período, el país pasará de la tercera a la sexta etapa, la población será entonces de 30 millones, y la cifra de negocios de la industria de embalajes de madera alcanzará los 150 millones de dólares.

Paralelamente a este desarrollo (que implicará una transición en el sector de embalajes para el transporte de las cajas de madera aserrada a los embalajes ligeros reutilizables y posteriormente, a las cajas armadas, las cajas de madera terciada y las cajas ligeras desechables) también evolucionará la estructura de las empresas manufactureras que producen embalajes. En las dos primeras etapas, las empresas serán totalmente de tipo artesanal: tendrán poco equipo, se encontrarán muy dispersas, y necesitarán gran cantidad de mano de obra en comparación con su producción. En la tercera etapa, se establecerán algunas unidades más grandes, como empresas de fabricación de cajas armadas, a medida que las empresas de cajas ligeras aumenten la escala de su producción y vayan progresando de la etapa artesanal a la de la pequeña empresa. Las pequeñas empresas fabricarán paletas. A este nivel, la mecanización no está todavía económicamente justificada, y la fuerza de trabajo de la empresa seguirá siendo muy grande.

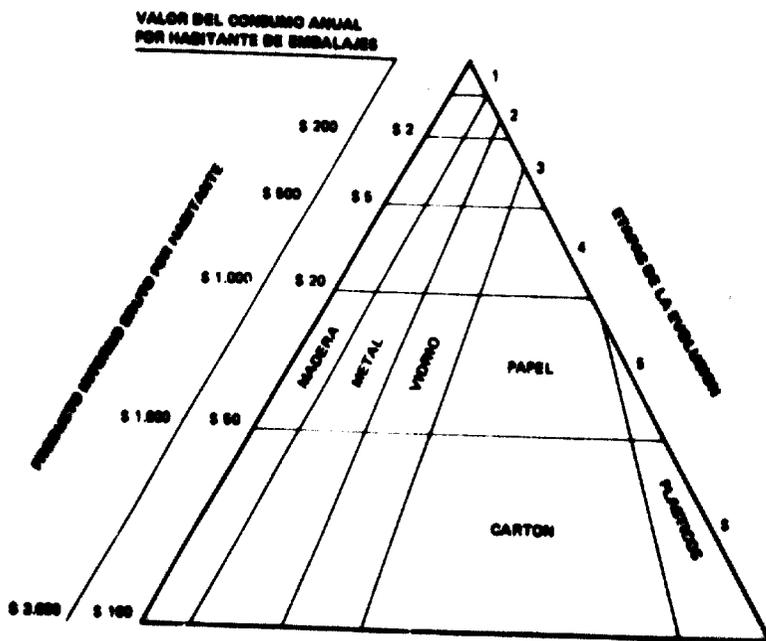


Figura 35. Evolución de los embalajes de madera y de los materiales competitivos

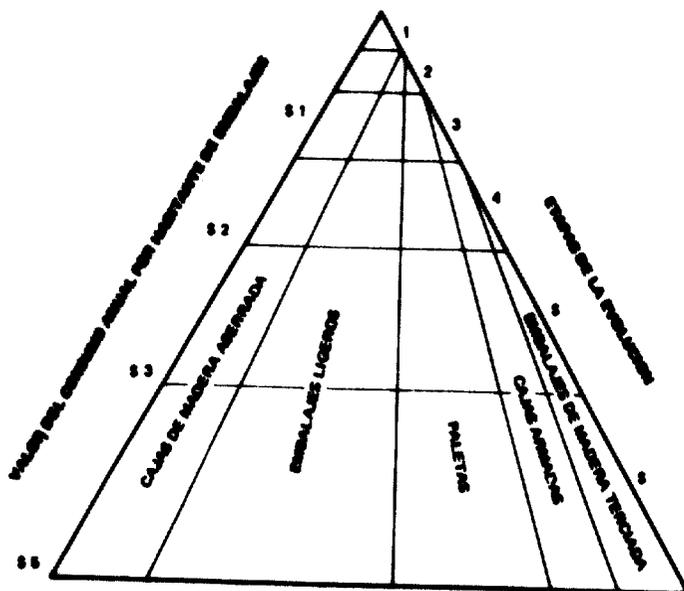


Figura 36. Evolución de los distintos tipos de embalajes de madera

En realidad, la cuarta etapa será la más importante y la más difícil de abordar. A ese nivel, los países comenzarán a prever unidades que correspondan, en su conjunto, a las unidades económicas mínimas que han quedado definidas en el capítulo 5 y que sobrepasarán gradualmente ese nivel para alcanzar el de las empresas económicamente más equilibradas. Se sentirá una gran tentación a copiar a las empresas que fabrican cajas de cartón ondulado y a mecanizar la producción y la manutención; esta mecanización puede venir acompañada de la conservación de una mano de obra teóricamente superflua, lo que conducirá a la constitución de empresas que no habrán reducido de manera considerable el costo de su mano de obra, pero habrán aumentado mucho sus inversiones. La consecuencia de esta prisa por mecanizar podrá ser que desaparezcan o se estanquen las empresas mejor equipadas, a menos que se las sostenga artificialmente; y posteriormente podría retrasarse la mecanización que resultase verdaderamente necesaria debido a la relación entre las inversiones y el costo de la mano de obra. Al mismo tiempo, si no se adoptan medidas adecuadas, se producirá una proliferación de pequeñas empresas que no alcanzarán siquiera el nivel mínimo económico deseable, y la consecuencia de ello será que se frene la evolución general del desarrollo. Deberá establecerse un equilibrio delicado entre la proliferación de pequeñas empresas y la creación prematura de unidades importantes y mecanizadas.

Desde los comienzos de la quinta etapa en adelante resultará posible y necesario encaminarse valientemente hacia la mecanización y el establecimiento de grandes unidades. Las empresas pequeñas y medianas que correspondan a las diferentes necesidades de la producción en serie deberán subsistir, no obstante, en esta etapa, pero, habida cuenta de las normas actuales, cabe considerar que un país que haya alcanzado la quinta etapa ha llegado al nivel de los países industrializados.

*Anexo*

**LISTA DE LABORATORIOS  
DE INVESTIGACION**

- AUSTRALIA** COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION  
Division of Forest Products Technology  
P.O. Box 310  
South Melbourne, Victoria
- BELGICA** INSTITUT BELGE DE L'EMBALLAGE  
Rue Picard  
Bruselas
- BULGARIA** INSTITUTO SUPERIOR DE TECNOLOGIA FORESTAL  
Sofía 56
- CANADA** FOREST PRODUCTS LABORATORY  
Montreal Road  
Ottawa, Ontario
- ESPAÑA** ASOCIACION DE INVESTIGACION TECNICA DE LAS INDUSTRIAS DE LA MADERA Y CORCHO  
Flora n.º 1  
Madrid 13
- ESTADOS UNIDOS** FOREST PRODUCTS LABORATORY  
P.O. Box 5130  
Madison, Wisconsin 53705  
PACKAGE RESEARCH LABORATORY  
Rockaway, New Jersey  
VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE  
Wood Research Laboratory  
Blacksburg, Virginia
- FINLANDIA** INSTITUTO ESTATAL DE INVESTIGACIONES TECNICAS  
Lonrotinkatu 37  
Helsinki
- FRANCIA** CENTRE TECHNIQUE DU BOIS  
10, avenue de Saint-Mandé, 75  
París 12ème  
LABORATOIRE GENERAL POUR EMBALLAGES  
105, Blvd Suchet, 75  
París 16ème

<b>ITALIA</b>	<b>CENTRO NAZIONALE DEL LEGNO</b> Villa Favorita Piazza Edison 11 Firencia
<b>JAPON</b>	<b>INSTITUTO DE INVESTIGACION DE PRODUCTOS FORESTALES DE HOKKAIDO</b> Midorimachi 12 Asahikawa, Hokkaido
<b>NUEVA ZELANDIA</b>	<b>FOREST RESEARCH INSTITUTE</b> Wellington
<b>PAISES BAJOS</b>	<b>ORGANISATIE V. TOEGEPAST NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK (TNO)</b> Laboratorio de embalajes Delft
<b>PORTUGAL</b>	<b>INSTITUTO PORTUGUES DE EMBALAGEM</b> Praça das industrias Lisboa 3
<b>REINO UNIDO</b>	<b>FOREST PRODUCTS RESEARCH LABORATORY</b> Princes Risborough Aylesbury, Bucks <b>TIMBER RESEARCH AND DEVELOPMENT ASSOCIATION (TRADA)</b> Mughendon Valley High Wycombe, Bucks
<b>REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA</b>	<b>BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR FORST- UND HOLZWIRTSCHAFT</b> Schloss Barmen Allee 14 24a 2057, Reinbek bei Hamburg <b>INSTITUT FÜR HOLZFORSCHUNG UND HOLZTECHNIK</b> Winzerstrasse 45 8, München 13
<b>RUMANIA</b>	<b>IPIROGIL</b> 46 Soseau Pipera Bucarest 30
<b>SUDAFRICA</b>	<b>FOREST PRODUCTS INSTITUTE</b> P.O. Box 727 Pretoria
<b>URSS</b>	<b>LABORATORIO DE EMBALAJE</b> Kaluga

## *Bibliografía escogida*

- AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION (1969) *Plywood Packages*, Tacoma, Washington, EE.UU.
- AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATION (1968) *Plywood Pallets*, 1119 A St., Tacoma, Washington, EE.UU.
- AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (1965) *Pallet Terminology and Sizes*, 345 East 47th St., New York City 10017.
- ANDERSON, L. O. y T. B. HEEBINK (1964) *Wood Crate Design Manual*, Agriculture Handbook No. 252, Forest Products Laboratory, EE.UU.
- BOSMAN, D. L. (1963) *Export Citrus Packaging and a Study of the Suitability of Shooks Produced from South African-grown 'Pinus Rautata' and 'Pinus Patula' for this Purpose*, University of Stellenbosch, Sudáfrica.
- CANADIAN FOREST PRODUCTS LTD (n.d.) *Plywood Shipping Containers*, New Westminster, BC, Canadá.
- CENTRALA TECHNICZNA BIURO WYDAWNICTW [Junta Técnica, Oficina de Publicaciones] (1959) *Opakowania z Drewna - Katalog* [Catálogo de embalajes de madera] Varsovia, Polonia.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1962) *Cerclage et appareils à cercler*, Doc. EMB No. 79, París.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1969) *Emballages légers: étude des postes de travail sur agrafeuses à têtes multiples*, Doc. EMB 192, Centre Technique du Bois, París.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1961) *Fûts en contreplaqué*, Doc. EMB 55, París.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1961) *La caisse en bois armé*, Cahier No. 43, París.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1968) *Le guide pratique de la dérouleuse: Vérifications et réglages*, folleto, París.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1966) *Le sciage dans l'emballage*, Cahier No. 70, París.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1967) *Les caisses barrées en bois contreplaqué destinées aux transports par voies maritimes*, Doc. EMB No. 132, París.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1965) *Les caisses clouées en bois scié: spécifications*, Doc. EMB No. 107, Centre Technique du Bois, París.
- CENTRE TECHNIQUE DU BOIS (1969) *Problèmes d'implantation dans les usines d'emballages légers*, Doc. EMB 191, París.
- CHLADEK, J. (junio 1963) *Recherches sur le débit d'éléments d'emballages par tranchage* Drevoimpregna, Narodny Podnik; Zilina, Checoslovaquia.
- COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION (1932) *The Principles of Wooden Box Construction*, Australia.
- CONSEIL NATIONAL DU PATRONAT FRANCAIS (1964) *Les emballages en bois*, Sté. Nouvelle Mercure, 4 place F. Liszt, París 10ème.
- COUNCIL OF THE FOREST INDUSTRIES OF BRITISH COLUMBIA (n.d.) *Industrial Packaging with Canadian Douglas Fir Plywood*, 1055 West Hastings Street, Vancouver I, BC, Canadá.

COUNCIL OF THE FOREST INDUSTRIES OF BRITISH COLUMBIA (n.d.) *Packaging with Plywood*, 1055 West Hastings Street, Vancouver 1, BC, Canadá.

*Derwo-Obrabotvachta, Mebelna Promichlenost* [Industria del mueble y de la elaboración de la madera] "Procédé semi-automatique de fabrication de plateaux à raisin", Vol. VI, No. 2, marzo-abril, Bulgaria.

DOVE, A. B. (1955) *The Influence of Nail Design and Manufacturing Practices on Joint Strength*, Steel Company of Canada Ltd., Research Department, Hamilton, Ontario, Canadá.

ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (ECE), INLAND TRANSPORT COMMITTEE (1960) *Draft Catalogue of Types and Sizes of Wooden Packing Cases for Fruit and Vegetables Used in Several Eastern European Countries and in Israel*, Doc. W/TRANS/WP.11/107, Ginebra.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1961) *An Evaluation of Eleven Pallet Bin Designs*, Brochure No. 2216, EE.UU.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1958) *Bin Folders for Agricultural Products*, Brochure No. 2115, EE.UU.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1953-1962) Folletos Nos. 76, 112, 0200, 1957, 2062, 2132, 2153, 2238 and 2264, EE.UU. [Folletos sobre paletas de madera]

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1956) *Condition of Preservative Treated Field Boxes after 5 Years of Outdoor Exposure*, Doc. No. 2054, EE.UU.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1966) *Fiberneer*, Brochure No. 52, EE.UU.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1946) *Metal Straps on Boxes*, Technical Note No. 237, EE.UU.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1958) *Nail and Lock Corner Wood Boxes*, No. 2129, EE.UU.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1959) *Outdoor Exposure of Container Grade Paper-overlaid Veneers*, Doc. No. 2151, EE.UU.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1969) *Preservative Treatments for Protecting Wooden Boxes*, Brochure No. 106, EE.UU.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1957) *Quality and Performance of Sliced Shooks from Small Ponderosa Pine Logs*, Doc. No. 2076, EE.UU.

FOREST PRODUCTS LABORATORY (1953-1957) Technical Notes Nos. 128, 164, 182, 243, 247 and B. 10, EE.UU. [Folletos sobre el ensamblaje de cajas de madera con clavos]

HELLAWELL, C. R. (1961) *The Withdrawal Resistance of Nails in Rimu and Radiata Pine*, Forest Research Institute, Nueva Zelandia.

HOCHART, B. (1957) *Casiers à bouteilles essais comparatifs*, Doc. EMB No. 148, Centre Technique du Bois, París.

HOCHART, B. (1968 and 1970) *Les panneaux de contreplaqué de fibres et de particules dans les emballages: essais de perforation*, Doc. EMB Nos. 174 y 197, Centre Technique du Bois, París.

HOCHART, B. y J. CHAMPION (1968) *Etude comparative des méthodes de débit pour l'obtention d'éléments d'emballages légers*, Doc. EMB No. 158, Centre Technique du Bois, París.

HOCHART, B. y J. NICOD (1965) *Les techniques modernes de clouage du bois dans l'industrie de l'emballage*, Cahier No. 34, Centre Technique du Bois, París.

HOCHART, B. y C. ROY (1963) *Les panneaux de fibres dans l'emballage: les caisses barrées*, Doc. EMB No. 75, Centre Technique du Bois, París.

HOCHART, B. y C. ROY (1961) *Les panneaux de fibres dans l'emballage: les caissettes agrafées*, Doc. EMB No. 52, Centre Technique du Bois, París.

- HOCHART, B. y J. VICTOR (1967, 1968 and 1969) *Essais comparatifs sur assemblages réalisés par collage et clouage (caisses en bois sciés)*, Doc. EMP 152, 175 y 179, Centre Technique du Bois, París.
- HOCHART, B. y J. VICTOR (1963) *La caisse clouée en bois scié*, Cahier nº 59, Centre Technique du Bois, París.
- HOCHART, B. y J. VICTOR (1970) *L'emploi des pointes élancées pour le montage des caisses en bois scié*, Doc. FMB 198, Centre Technique du Bois, París.
- HOCHART, B., J. VICTOR y P. CHAUVIN (1967) *Essais de résistance des contreplaqués et des panneaux de fibres en fonction de leur emploi dans les caisses barrées*, Doc. EMB 155, Centre Technique du Bois, París.
- HOCHART, B., J. VICTOR y P. CHAUVIN (1967) *La perforation statique et dynamique des panneaux de contreplaqué et de fibres*, Doc. EMB 156, Centre Technique du Bois, París.
- INSTITUT DES RECHERCHES SUR L'ENTREPOSAGE ET LA TRANSFORMATION DES PRODUITS HORTICOLES (IBVT) (1961) *La normalisation de l'emballage pour fruits et légumes périssables*, Wageningen, Payses Bajos.
- JORDAN, C. A. (1968) *Container Effects in Cushioned Packages*, Brochure No. 91, Forest Products Laboratory, EE.UU.
- KURTENACKER, R. S. (1964) *Colles pour l'assemblage des caisses en bois* Forest Products Laboratory, EE.UU.
- MAMADA, S. (1956) *Arrachement dynamique des pointes dans le bois* Universidad de Tokio, Facultad de Agronomía.
- MOCK, J. J. (1961) *Nail Size and Withdrawal Resistance*, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia.
- NATIONAL WOODEN PALLET MANUFACTURERS ASSOCIATION (NWPMA) (1959) *Minimum Standard Specifications for Softwood Warehouse, Permanent or Returnable Pallets*, 1619 Massachusetts Ave. N.W., Washington, D.C. 20036.
- NATIONAL WOODEN PALLET MANUFACTURERS ASSOCIATION (NWPMA) (1960) *Specifications and Grades for Hardwood Warehouse, Permanent or Returnable Pallets*, 1619 Massachusetts Ave. N.W., Washington, D.C. 20036.
- NATIONAL WOODEN PALLET MANUFACTURERS ASSOCIATION (NWPMA) (1965) *Specifications for Softwood Plywood Pallets*, Doc. No. ? PP. 61.65, 1619 Massachusetts Ave. N.W., Washington, D.C. 20036.
- NETHERCOTE, C. H. (1967) *Helical Nails for Beverage Shell Construction*, Forest Products Laboratory, Canadá.
- NETHERCOTE, C. H. (1961) *The Principles and Problems of Export Packing*, Technical Note No. 29, Forest Products Laboratory, Canadá.
- NETHERCOTE, C. H. (1960) *The Selection and Use of Wood in Protective Packing*, Forest Products Laboratory, Canadá.
- NETHERLANDS ORGANIZATION FOR APPLIED SCIENTIFIC RESEARCH (TNO) (1960) *Normalisation des emballages en bois pour fruits et légumes*, Book No. 25, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), 2, rue André Pascal, París 16ème.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (1958) *Catalogue des types dimensionnels d'emballages en bois pour fruits et légumes, utilisés en Europe* Proyecto No. 372 de la OCDE; (1960) *Supplement to Catalogue...* OECD Book No. 33.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) (1962) *Rapport final de la session d'experts pour la normalisation de l'emballage du poisson frais*, Proyecto AEP, No. 6/12, Sección 1.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD), *Recommandation pour la normalisation internationale des emballages pour fruits et légumes* Book No. 85, París.

PACKAGE RESEARCH LABORATORY (n.d.) *Industrial Packaging Literature: Wirebound Containers*, EE.UU.

PACKAGE RESEARCH LABORATORY, *Wirebound Boxes for Fruits and Vegetables*, boletines periódicos, EE.UU.

PACKAGE RESEARCH LABORATORY (n.d.) *Wirebound Textbook*, EE.UU.

Paletten, Kisten and Andere Packmittel aus Holz [Folletos, cajas y otros embalajes de madera], DRW Verlags GmbH, Stuttgart, República Federal de Alemania, 1966

PLASKETT, C. A. (1930) *Principles of Box and Crate Construction*, Technical Bulletin No. 171, Forest Products Laboratory, EE.UU.

SCHOLTEN, J. A. (1965) *Effects of Various Preservative Treatments of Field Boxes on Nail Holding*, Brochure No. 42, Forest Products Laboratory, EE.UU.

STERN, E. G. (1959) *Better Utilization of Wood through Assembly with Improved Fasteners*, Brochure No. 38, Virginia Polytechnic Institute, EE.UU.

STERN, E. C. (1958-1971) Folletos Nos. 32, 37, 66-68, 70-73, 76-80, 83, 84, Virginia Polytechnic Institute. [Folletos sobre producción de paletas de madera en el laboratorio].

TIMBER RESEARCH AND DEVELOPMENT ASSOCIATION (TRADA) (n.d.) *Timber and Plywood Pallet Bins*, Reino Unido.

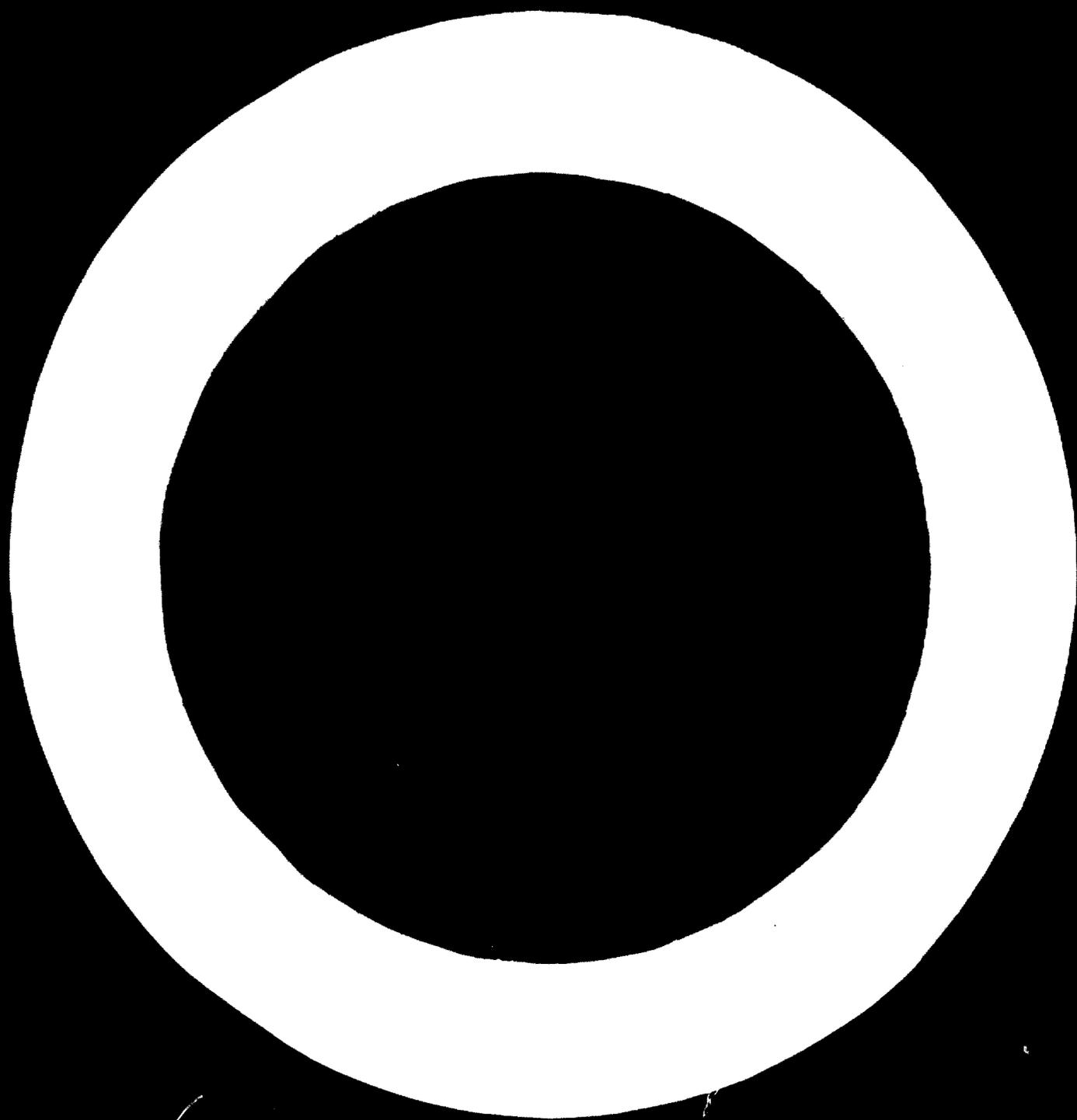
UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER (UIC) (1965) *Palettes de chargement et box palettes à utiliser en trafic international*, Doc. No. 435, Secciones 1 y 2, París.

UNITED STATES, DEPARTMENT OF THE ARMY (1951) *Preservation, Packaging and Packing of Military Supplies and Equipment*, Doc. No. TM 38-230, Washington, D.C. 20025. [Idéntico al Doc. No. NAVEXOS P 938, Dept. of the Navy; y al Doc. No. AFM 71.1, Dept. of the Air Force.]

VERRALL, A. (1959) "Traitements de préservation des caisses en bois" *Forest Products Journal*, Número de enero, Forest Products Research Society, Madison, Wisconsin, EE.UU.

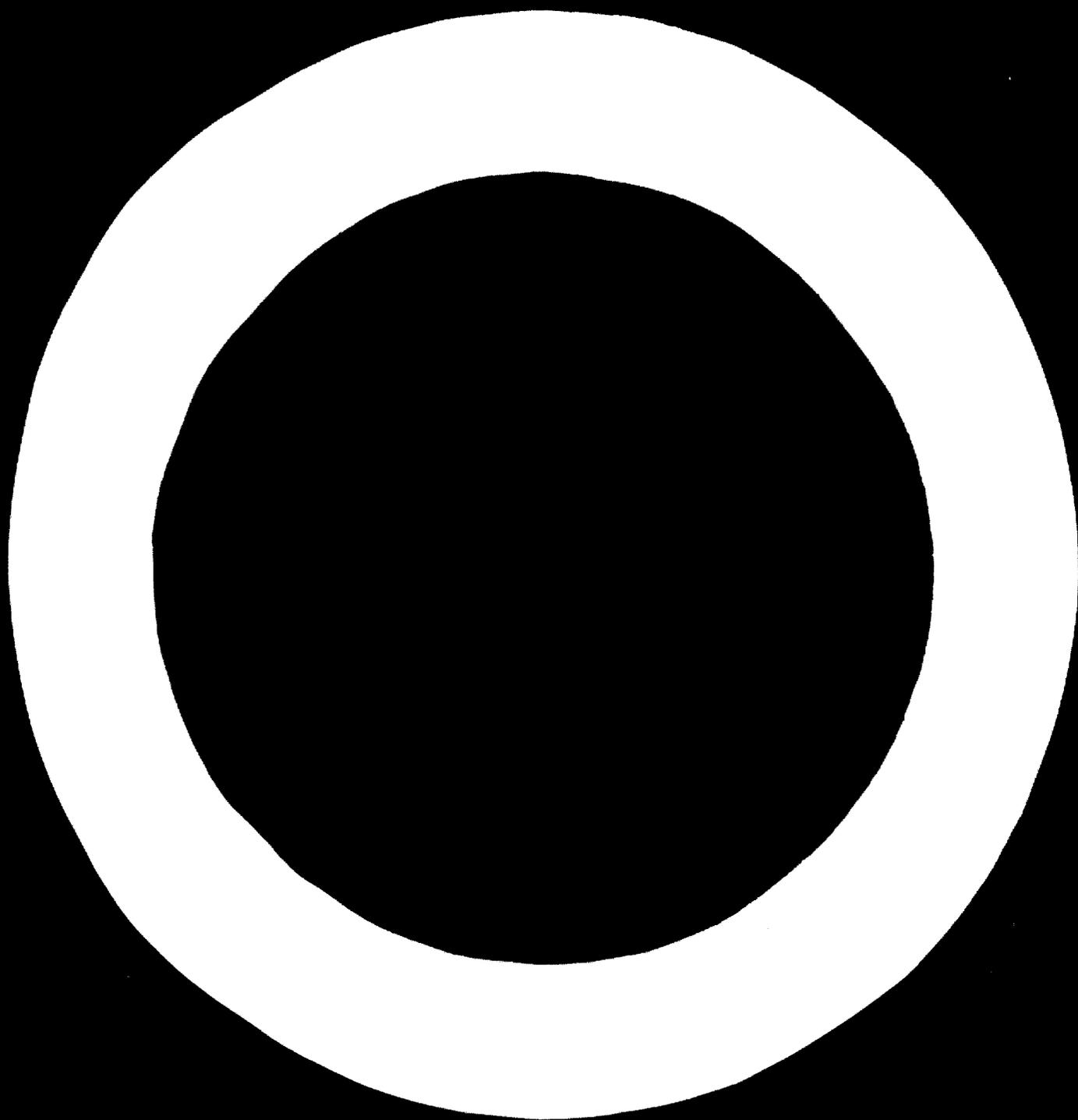
WACKER, H. (1960) "Holzwolle und Holzwoollenmaschinen" [Producción de fibra de madera] *Holz als Roh- und Werkstoff*, No. 18, Springer Verlag, Berlín, República Federal de Alemania.

WIREBOUND BOX MANUFACTURERS ASSOCIATION (n.d.) *What to Expect from Wirebounds*, 327 South La Salle St., Chicago 4, Illinois.



***La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ha publicado los siguientes estudios sobre diversos usos de la madera:***

- 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 de noviembre de 1969.**
- ID/61**      **Producción de casas de madera prefabricadas, por Keijo N. E. Tuisanen.**
- ID/79**      **Producción de paneles a partir de residuos agrícolas, Informe de la Reunión del Grupo de Trabajo de Expertos, Viena, 14-18 de diciembre de 1970.**



### **HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS**

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

### **COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES**

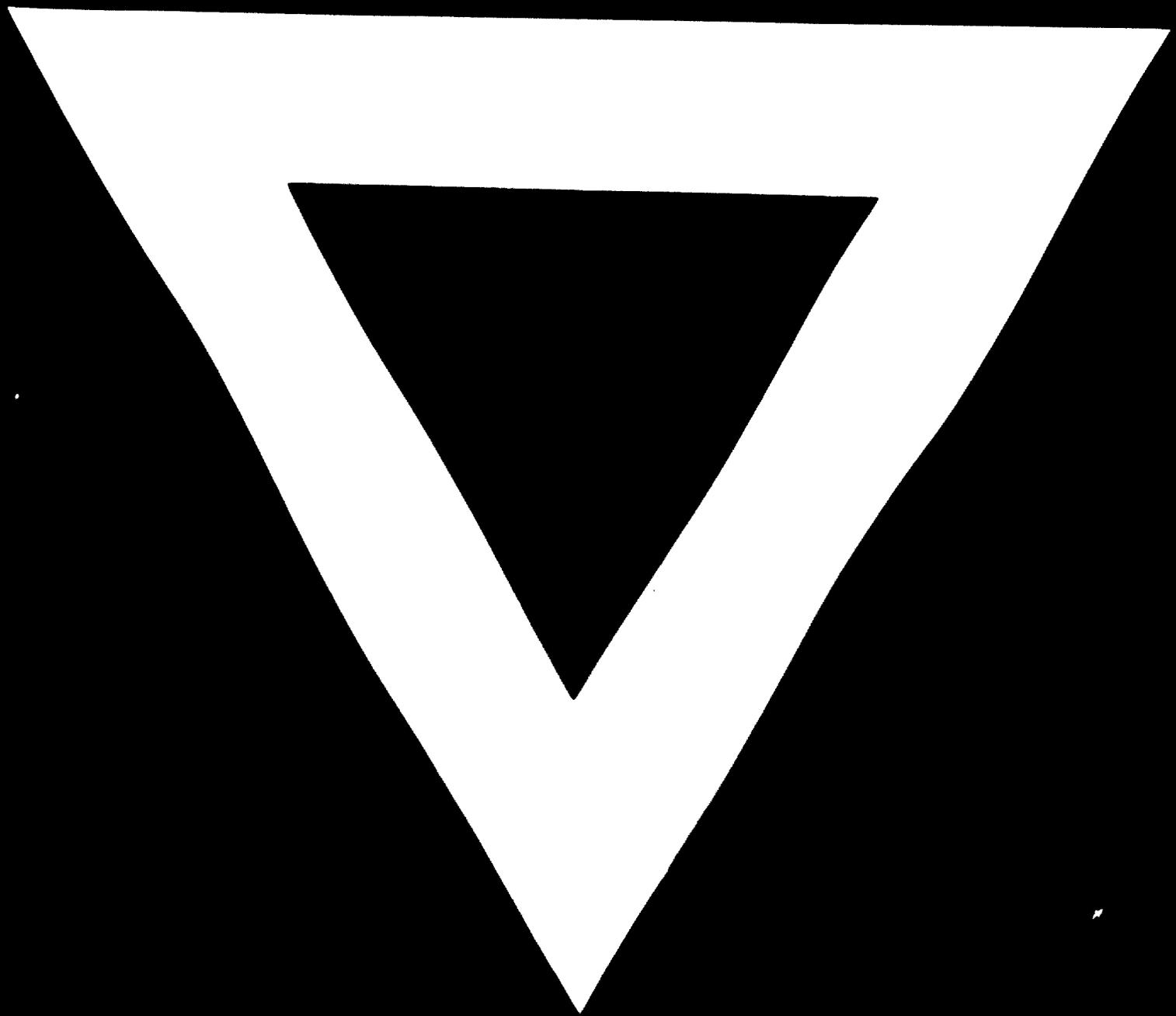
Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre librairie ou adressez-vous à: Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

### **КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ**

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наведите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

### **COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS**

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o diríjase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.



**3 - 12 - 74**