

00170

3 2ej.

TITULO DE LA TESIS

**PROCESOS INDUSTRIALES DE MADERA,
EN LA PEQUEÑA INDUSTRIA**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN DISEÑO INDUSTRIAL PRESENTA :
JULIO CESAR PINILLOS FONSECA**

**POSGRADO EN DISEÑO INDUSTRIAL
FACULTAD DE ARQUITECTURA
U.N.A.M.**

MEXICO NOVIEMBRE DE 1988

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

PROLOGO

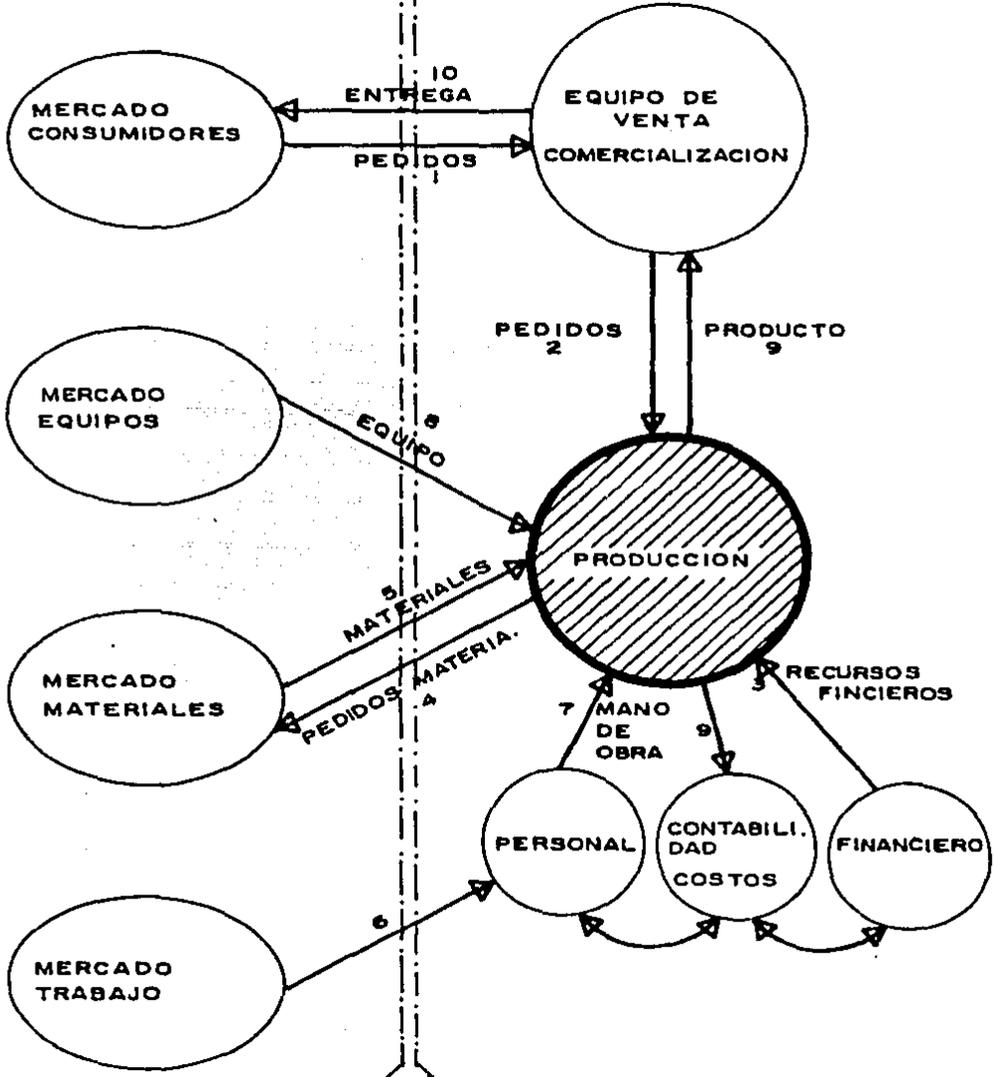
El presente manual, trata del conocimiento básico de la madera en general y de los procesos industriales de transformación de ésta en la producción de muebles, a manera de conceptos fundamentales para la aplicación en la micro y pequeña industria.

El objetivo general del manual, es facilitar el conocimiento técnico, tanto de la materia prima, como de los parametros esenciales de producción y su control en la elaboración de muebles, está dirigido a los estudiantes de Diseño Industrial y empresarios de éste sector. Como objetivos específicos se definen entre otros, el mejoramiento de los procesos en las áreas de producción a través de su racionalización, el establecimiento de normas de trabajo y del material, y el fomento de la adquisición de conocimientos a las personas involucradas en el quehacer tecnológico de la madera, mediante la asimilación y ejecución de bases técnicas.

El lector encontrará en las próximas paginas, el desarrollo del tema de la siguiente forma : Los primeros dos capitulos tratan del conocimiento de la madera, su composición, características y sus procesos derivados, concluyendo con la etapa de secado, imprescindible como previa a todo proceso industrial de este material. El tercer capitulo, es una visión general de la micro y pequeña industria, su importancia en los países en via de desarrollo y un análisis de la industria de muebles de madera en México. El cuarto capitulo, trata de conceptos de ingeniería Industrial y sus posibles formas de aplicación en éstas industrias, con el fin de promover su desarrollo en forma integral, esto es, tanto económica como tecnológicamente. El contenido se refiere sólo a la parte tecnológica de la empresa, es decir, a la planta de producción como motor del sistema, lo cual no resta importancia a los otros elementos que lo conforman, pero que serán motivo de futuros estudios, en razón a que se debe considerar ésta integralmente. En el grafico siguiente se presentan los elementos que deben abordarse para su conocimiento y a su vez señala la situación del contenido pertinente a este manual.

FACTORES EXTERNOS

PARTES EMPRESA



ELEMENTOS DE UNA EMPRESA

INDICE

PROLOGO.....	1
INDICE.....	3
INTRODUCCION.....	5
CAPITULO I. EL MATERIAL.....	7
La madera.....	
Anatomia de la madera.....	
Materiales de la madera.....	
Estructura de la madera.....	
Planos de la madera.....	
Estructura macroscópica.....	
Estructura celular.....	
Estructura submicroscópica.....	
Diferencias generales.....	
Características de la madera.....	
Características generales.....	
Características dependientes de la humedad...	
Características mecánicas.....	
Factores que influyen en el comportamiento de la madera.....	
CAPITULO II. TRANSFORMACION DE LA MADERA.....	63
Inicio del proceso.....	
Situación del sector forestal en México.....	
Superficie y clasificación.....	
Existencias volumétricas.....	
Potencial maderable.....	
La madera aserrada.....	
Productos prefabricados de madera.....	
Contrachapados.....	
Tableros de partícula.....	
Tableros de fibra.....	
Secado de la madera.....	
Contenido de humedad.....	
Humedad relativa.....	
El agua en la madera.....	
El C.H. en la madera.....	
Secado al aire.....	
Secado por acción solar.....	
Secado en estufa.....	

Ventajas del secado de la madera.....	
Cambios dimensionales de la madera.....	
Predimensionamiento.....	
Preservación de la madera.....	
Métodos de preservación.....	

CAPITULO III. LA PRODUCCION.....127

La empresa.....	
Teoría de sistemas.....	
El sistema de producción.....	
Investigación del proceso.....	
Productividad.....	
Sistemas de producción.....	
Selección del proceso.....	
Tipos de producción.....	
Flujos de materiales.....	
Existencias.....	
Capacidad.....	
Almacenes.....	
Clasificación.....	
Ingeniería de métodos.....	
Instrumentos de la ingeniería de métodos.....	
Diagramas de flujo.....	
Diagramas de análisis de proceso.....	
Diagramas de actividades múltiples.....	
Principios de la ingeniería de métodos.....	
Movimientos.....	
Lugar de trabajo.....	
Medición del trabajo.....	
Técnicas de la medición del trabajo.....	
Estudio de desajustes.....	
Estudio de tiempos.....	
Selección de tiempos.....	
Norma de tiempos.....	
Planeación y control de la producción.....	
Metodología del análisis del valor.....	
Planificación de la producción.....	
Preparación de planes de producción.....	
Procedimientos básicos de control de la producción.....	
Sistemas de control de la producción por encargo.....	
Diagrama de Gantt.....	
La red PERT.....	
Sistemas de control por flujos.....	
Distribución de planta.....	
Parámetros generales para una distribución de planta.....	
Diagrama general.....	

CAPITULO III. LA INDUSTRIA.....211

Aspectos generales de la micro y pequeña industria.....
La orientacion de la micro y pequeña industria.....
Japon.....
Brasil.....
México.....
Definicion de la micro y pequeña industria...
Importancia de la micro y pequeña industria..
Aprovechamiento de la pequeña industria como instrumento politico de desarrollo.....
La industria mueblera en Mexico.....
Vision global de la industria.....

CONCLUSIONES.....253

ANEXO No.1.....
ANEXO No.2.....
ANEXO No.3.....

INTRODUCCION

Por lo general sabemos de la madera, sin embargo, pocas personas son las que poseen un conocimiento más real de su estructura, propiedades y usos potenciales, a pesar de ser uno de los materiales que el Hombre ha trabajado desde la antigüedad. Podemos afirmar, que no existe persona en el mundo que no ha experimentado alguna relación directa o indirecta con éste material, en razón a su uso en muy variadas formas para la satisfacción de sus necesidades.

A pesar de la utilización de la madera, desde los primeros hombres para la fabricación de objetos, y con su notable importancia en el desarrollo de la humanidad, hasta sólo aproximadamente 200 años, se inició su industrialización incipiente, y después de la revolución industrial con el aprovechamiento de nuevas fuentes de energía, comenzó una etapa en la producción industrial de objetos de madera; aún así, comparado con la evolución de otros materiales, la madera ha sido deficientemente explotada.

Esta restricción en la producción y en el uso de la madera, se debe a la falta de conocimientos técnicos para su transformación, de infraestructura, de leyes, de normas, que generan prejuicios en los usuarios para su aplicación masificada. Del total de la superficie forestal en el mundo, América Latina posee el 26,32 %, cifra importante que denota el potencial maderero subutilizado, y cuya razón principal es su desconocimiento.

REGION	AREA TERRITORIO		TIERRAS TOTAL		FORESTALES BOSQUES	% DEL TOTAL BOSQUES
	miles	Ha.	miles	Ha.		
NORTEAMERICA	2.151.543		750.219		575.859	14.60
MEXICO	1.972.550		238.400		137.200	3.47
AMERICA CENTRAL	274.000		76.000		71.000	1.80
SUBREGION ANDINA	480.482		288.377		222.000	5.63
RESTO DE SUDAMERICA	1.299.518		601.623		608.000	15.42
AFRICA	3.030.000		710.000		700.000	17.75
EUROPA	486.159		144.000		138.000	3.50
U.R.S.S.	2.240.220		910.009		738.000	18.71
ASIA	2.716.000		550.000		500.000	12.68
AREA DEL PACIFICO	850.000		254.811		253.758	6.43
TOTALES	13.527.922		4.285.039		3.943.934	100.00

" El negocio de convertir a los árboles en madera aserrada, siempre ocupará un lugar importante en la economía del país que inteligente y técnicamente lo maneje ", Nelson Brown. Adicionalmente a ésta razón económica de la explotación de la madera, conocemos que es un material renovable, que se debe planificar su extracción y su reforestación, y que en los países localizados en zonas tropicales existe una producción continua de este material, que, complementandola con una "buena educación" al medio maderero, se puede elevar el nivel técnico y de productividad de acuerdo a nuestras posibilidades.

En esta inducción, este trabajo cumplirá un pequeño papel en la incorporación a la economía de éste recurso renovable, importante y abundante en los países de América Latina y tratar de llenar los vacíos educativos, técnicos, y en parte científicos en las personas que se ocupan del quehacer maderero.

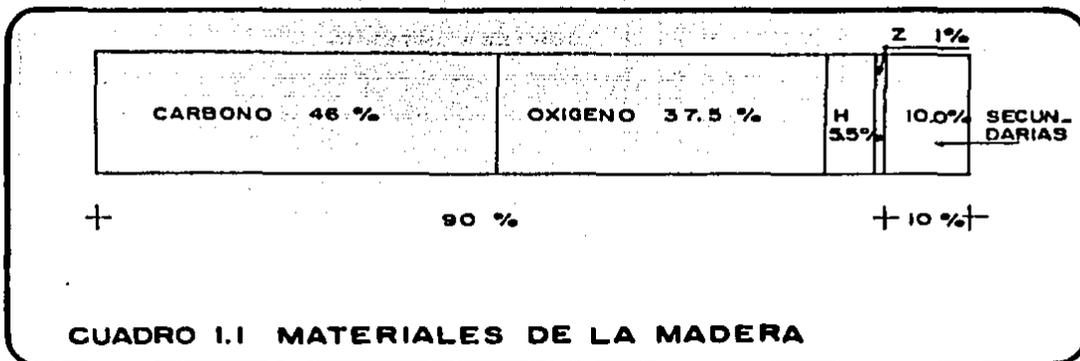
CAPITULO I : LA MADERA

LA MADERA

Es un material orgánico, obtenido del árbol (tronco, ramas, raíces principales), consiste en una sustancia fibrosa y celulosa, compuesta aproximadamente de los siguientes elementos:

Celulosa.....de 40% a 50%
 Hemicelulosa.....20%
 Lignina.....de 15% a 35%
 Resinas, taninos, almidón, azúcares, aceites,
 gomas, colorantes y latex...20%.

Estos elementos orgánicos están compuestos de : Elementos ESCENCIALES, 90% , repartidos en Carbono 46%, Oxígeno 37,50%, Hidrógeno 5,50%, Azoe 1%, y elementos SECUNDARIOS 10%, repartidos en compuestos simples (Fosforo y azufre) y compuestos minerales (Potasa, sodio, litio, alúmina, cal, etc.).

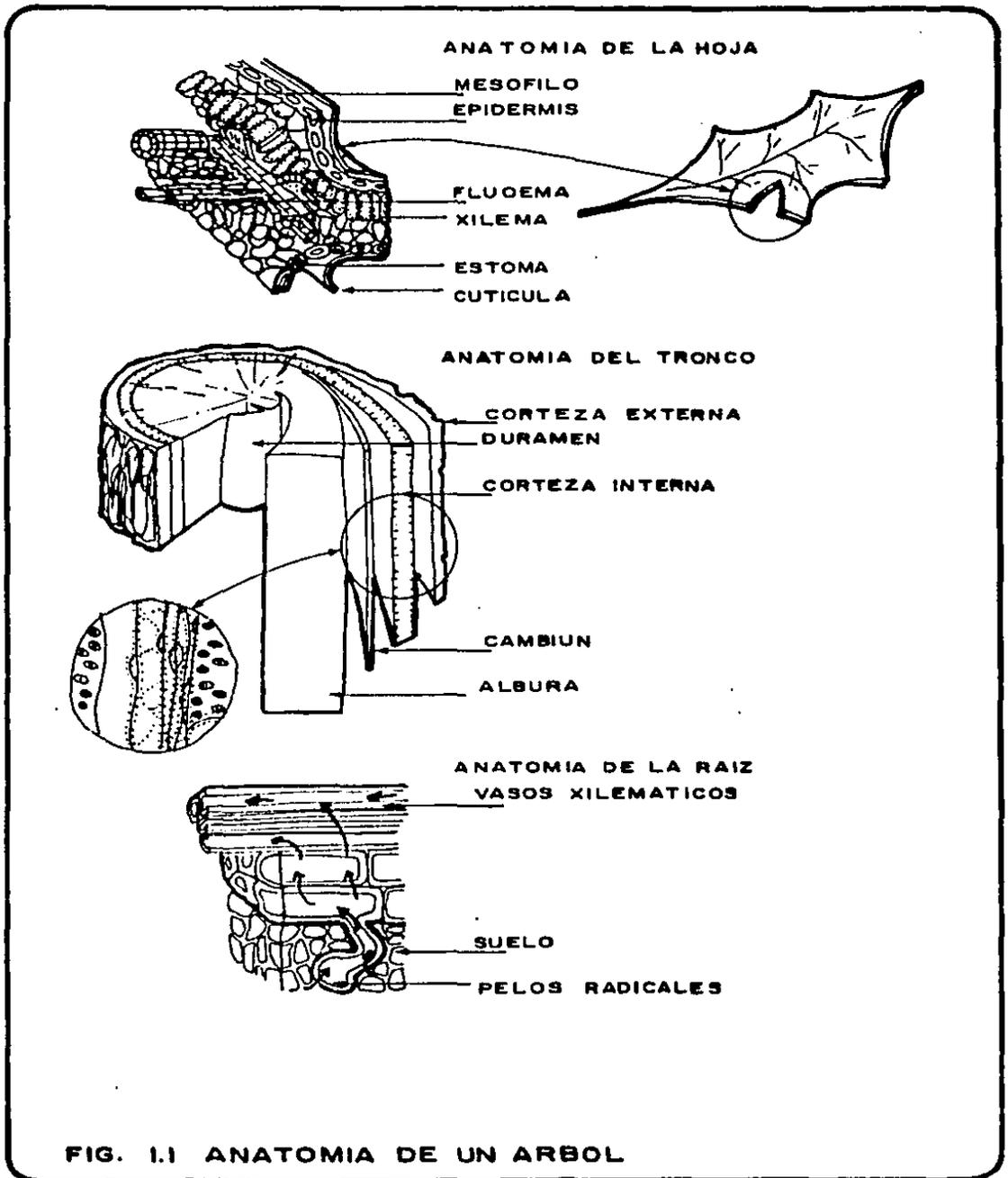


ANATOMIA DE LA MADERA

En términos generales, el árbol se compone de raíces, tronco y hojas, cada uno de los cuales tiene su composición anatómica según se muestra en la figura 1.1..

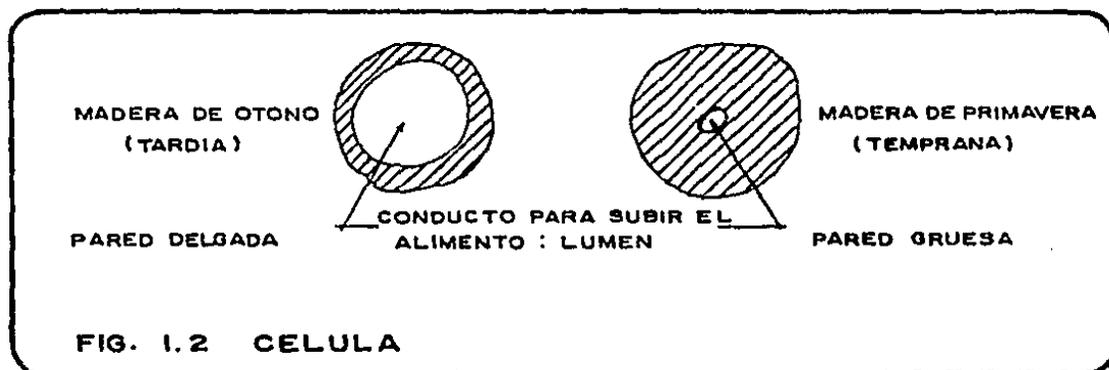
En las hojas, podemos destacar el mesófilo intermedio, que contiene los cloroplastos necesarios para la fotosíntesis y unos elementos vasculares de xilema y fluema que cumplen con la función de transporte de las sustancias nutritivas.

En el tronco, el elemento que se encarga del crecimiento es una capa de células llamada cambium. Esta capa crece hacia el interior engrosando la zona de arbura o xilema, que es la madera propiamente dicha, y hacia el exterior engrosando la zona de corteza o fluema.



En la raíz, que es el elemento del árbol donde se inicia el ciclo alimenticio, a través de pequeños pelos que absorben la humedad y las sales minerales, mediante el proceso de osmosis. Esta disolución de agua y sales, penetra en los vasos xilemáticos y es distribuida por todo el árbol.

Ahora profundizamos en la formación de la madera, comenzando por mencionar que está formada por tres tipos principales de células: fibras, traqueidas y vasos. La unión de las células forman los tejidos y el conjunto de tejidos forman la masa leñosa. En los países donde existen estaciones climáticas hay una diferencia en el crecimiento de la misma célula.



La pared gruesa de la célula :

- Permite el mayor crecimiento en longitud del tronco y ramas.
- Es diferente según la especie.
- En este crecimiento primario se desarrolla el cambium vascular.

Como ya mencionamos, el alimento en el árbol inicia su proceso en la raíz y sube por los conductos en forma de savia bruta, pasa por la hoja y se convierte en savia elaborada, (capilaridad), proceso de fotosíntesis, ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{Luz} + \text{Clorofila} \rightarrow \text{Carbohidratos}$), esta savia elaborada desciende y completa el ciclo alimenticio.

Proceso de crecimiento celular :

En el crecimiento en un año de un árbol, se desarrolla de seis a ocho veces más de xilema que de fluema.

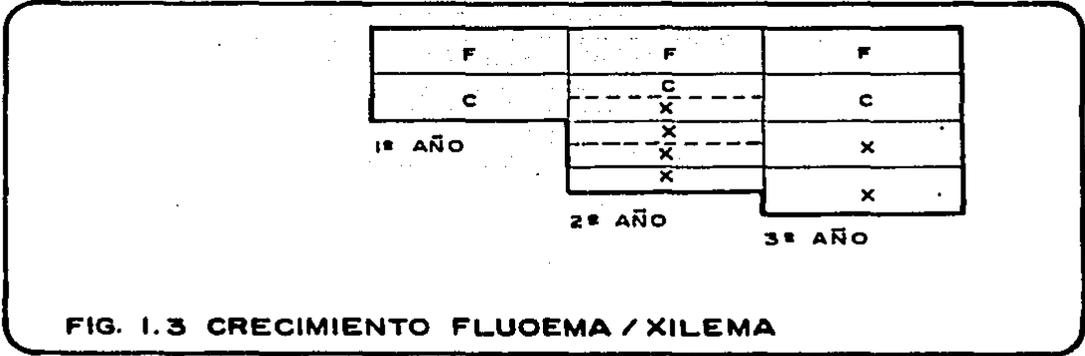


FIG. 1.3 CRECIMIENTO FLUOEMA / XILEMA

Las células por su forma se clasifican en : a) **Fusiformes**, se encuentran paralelas al eje longitudinal del árbol y dan origen a las traqueidas y vasos, o a las fibras.

b) **Radiales**, localizadas perpendicularmente al eje del tronco y dan origen a los rayos de la madera.

En un árbol joven, el corte longitudinal es de la forma indicada en la figura 1.5.

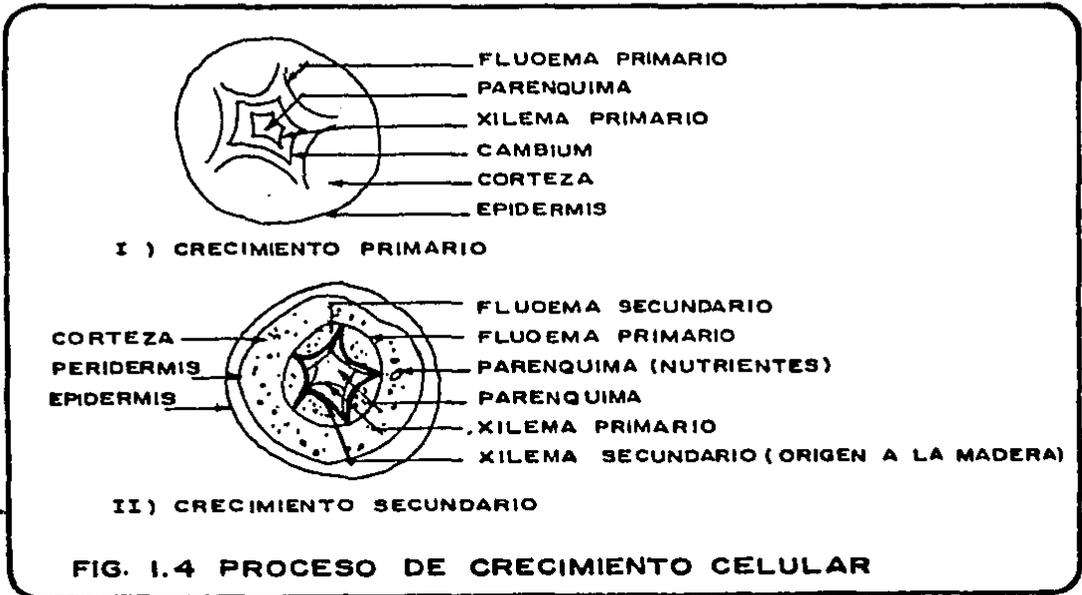
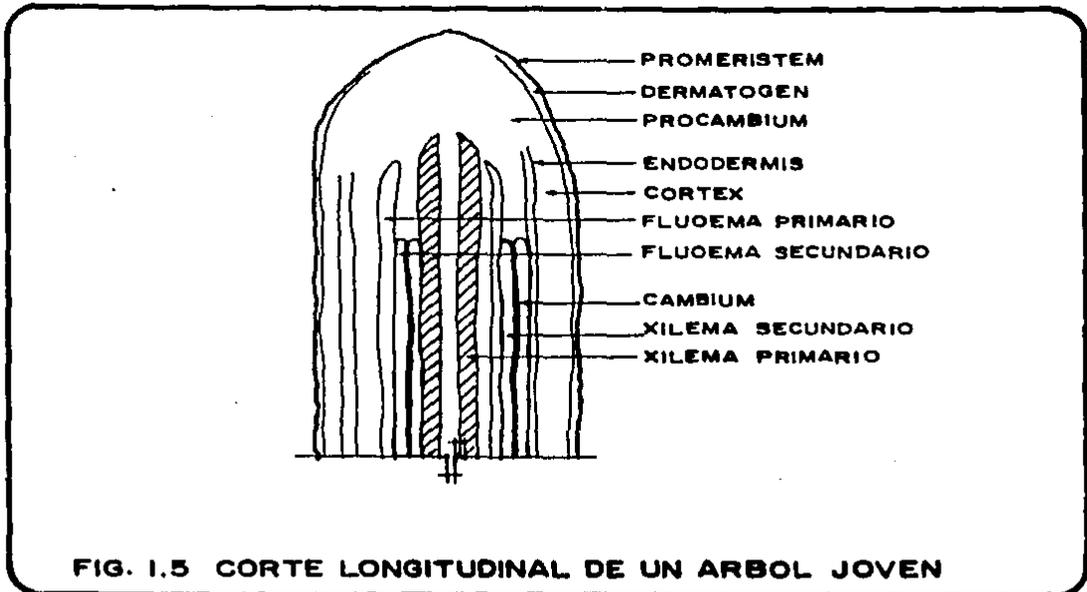


FIG. 1.4 PROCESO DE CRECIMIENTO CELULAR



En ramas y pequeños vastagos, la porción de madera del tronco es envuelta en conductos de savia hacia arriba del árbol y así forma la madera de savia o madera de crecimiento.

Las células **prosenquimas**, son activas en conducción y dan vida a las células **parenquimas**, que se especializan en **almacenar**. Así los árboles se desarrollan alrededor del tronco; en el centro del tallo cerca de la médula las células **prosenquimas** mueren, la madera de crecimiento (o **madera temprana**) es así transformada en **madera tardía**, la transición de **madera tardía** es frecuentemente acompañada por la formación en las paredes de la célula, de materiales llamados **EXTRACTIVOS**, para la manufactura de la madera, los más importantes elementos extractivos son el color, que para la madera de crecimiento en diferentes especies, varía de claro, crema hasta amarillo quemado o café. El oscuro nosotros lo asociamos con algunas maderas como el nogal, cedro rojo, etc., colores que son resultado de los materiales extractivos.

La madera de crecimiento, no es generalmente resistente a los hongos, así es notable resaltar, el aumento de resistencia de algunas especies debido a los materiales extractivos, que son tóxicos a los hongos; la resistencia a los hongos es por consiguiente restringida a la porción de **madera tardía** en los árboles. Algunos árboles tal como el abeto, no tienen pigmentación de extractivo asociado a la formación de **madera tardía**. Extractivos

incolores pueden no obstante proveer disminución de resistencia como en el cedro blanco del noreste de E.U.

Los materiales extractivos pueden cambiar las propiedades de la madera y mejorarla. En algunas especies, éstos reducen la permeabilidad del tejido de la madera, haciendo que la madera tardía seque muy despacio y dificulta o imposibilita la impregnación con preservadores químicos. Los extractivos frecuentemente, están en la madera tardía en más pequeña densidad que en la madera temprana y también la hacen un poco más estable en las condiciones de cambio por humedad. Los materiales extractivos en

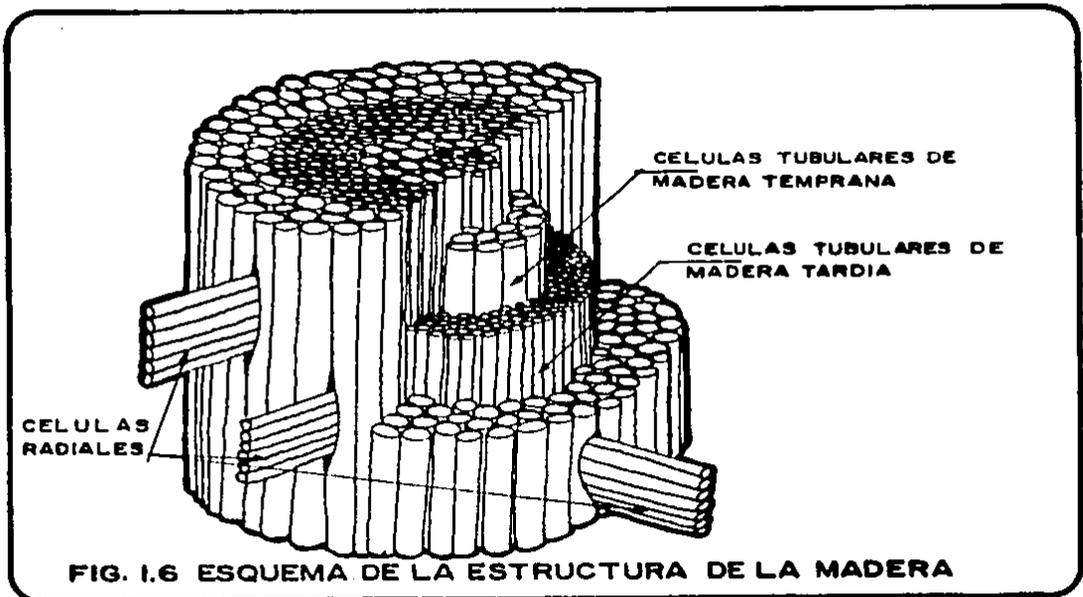


FIG. 1.6 ESQUEMA DE LA ESTRUCTURA DE LA MADERA

la madera tardía de varias especies puede ser abrasiva y por lo tanto le merma el filo a las herramientas de corte y así contribuye a obtener superficies asperas y mal terminadas.

Como la periferia de los árboles se incrementa con la adición de nueva madera de crecimiento, el diametro de la zona de madera tardía se expande proporcionalmente.

En el grafico se muestra, la variación de la relativa dimensión de la madera tardía y la madera de crecimiento, según las especies; la madera tardía (area oscura), es pequeña en el fresno blanco y ancho en el catalpa. El crecimiento de éstas dos clases de madera puede ser tremendamente disparado en algunas especies, dependiendo de las condiciones de crecimiento.

MATERIALES DE LA MADERA.-

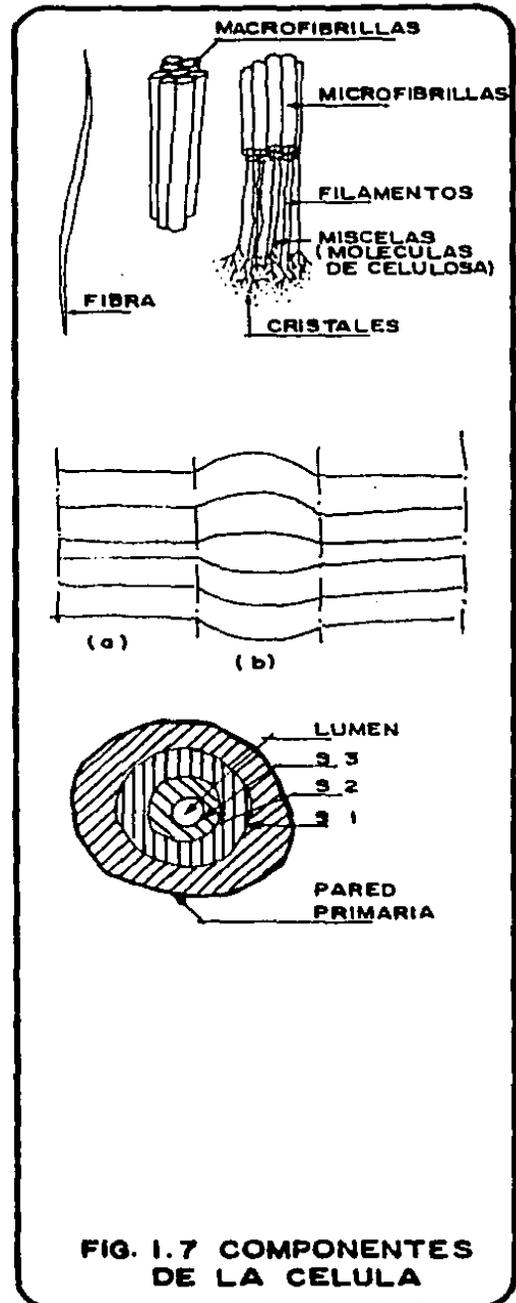
Existen cuatro materiales principales de la madera : La celulosa, la hemicelulosa, la lignina y los materiales extractivos.

LA CELULOSA : es componente de la pared celular, forma el esqueleto de la madera y los otros componentes se adhieren a ella; es una sustancia cristalina, sus moléculas están dispuestas en forma regular. Dependiendo del tipo de celulosa otorga el carácter fibroso de la madera, permite la característica de **HIGROSCOPICIDAD** (capacidad de ganar o perder agua); las grandes cadenas de celulosa es lo que le da la flexibilidad a la madera.

En la figura 1.7 se muestran las microfibrillas que dan la estructura de la madera, en la región cristalina (a) existen 100 o más cadenas de alto orden molecular paralelas o interrumpidas por zonas e indican la orientación de las cadenas, las de bajo orden molecular no son del todo paralelas y forman la región amorfa (b).

La cristalinidad varía de la médula a la corteza, siendo más cristalina en el centro y menor en la corteza.

La célula está formada por varias capas denominadas S1, S2, y S3, que rodean un hueco llamado lumen, compuestas por microfibrillas en diferentes sentidos lo cual da la resistencia a la madera, si en las microfibrillas existen mayores zonas cristalinas, proporcionan la resistencia natural, el brillo y el color.



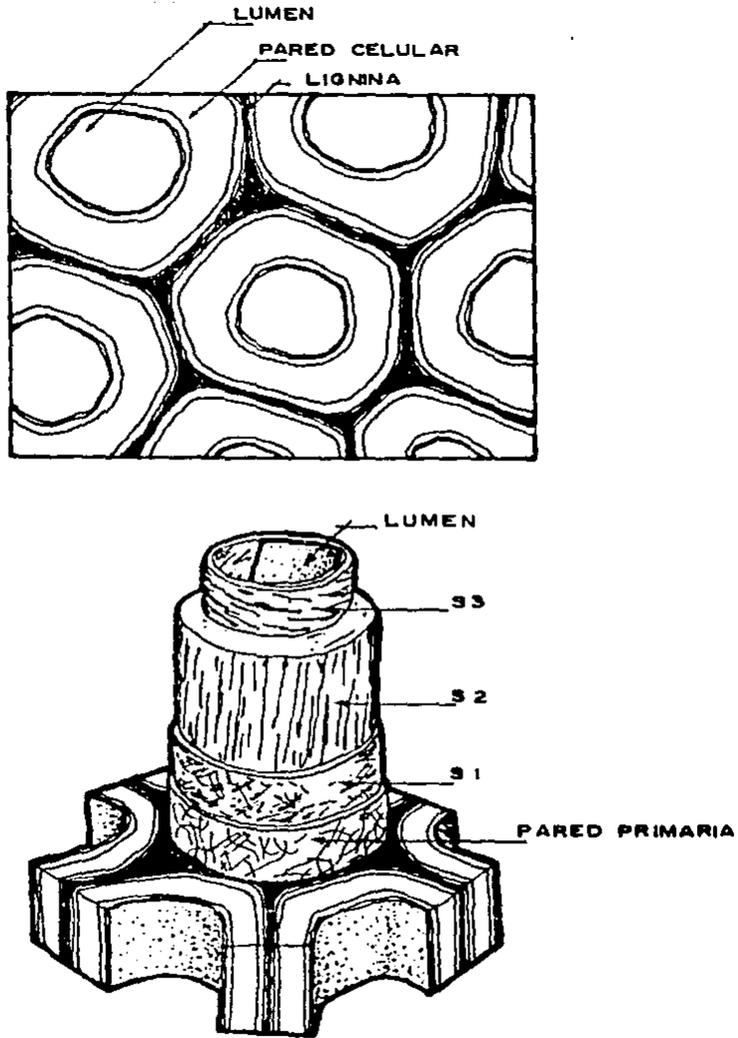


FIG. 1.8 ESTRUCTURA DE LA FIBRA

LA HEMICELULOSA.- Son carbohidratos con variedad de monosacaridos en las maderas angiospermas existe más celulosa y son poco xilosas, en las gimnospermas hay más xilosas y poco celulosas.

LA LIGNINA.- Es diferente en el árbol a otros vegetales que producen celulosa, consiste en una sustancia que hace las veces de adhesivo entre las células, y contiene grupos aromáticos producidos por las unidades de phenil-propano, anillos de fenol y unidades guaiarxyl. En las angiospermas adicionalmente unidades de syringyl, que producen más sensación aromática.

La lignina es insoluble en agua y de baja higroscopicidad, son solubles en alcalis y polisacaridos de cadena corta como el alcohol, el eter, etc., se presenta en la etapa de madurez y no en las células juvenes, es más abundante en lamina media (entre célula y célula) 60% a 90% del peso ya seco y menos abundante en pared secundaria, representando el 10% tambien del peso seco. Su característica física más importante es la rigidez y da durabilidad natural, la rigidez ayuda a la resistencia de los cambios dimensionales de la madera.

MATERIALES EXTRACTIVOS.- Son inclusiones en la madera que no forman parte de la misma, tales como las gomas, aceites, alcaloides, tilices, etc., son extraidos por medio de agua o de alcoholes, varían del 1% al 10% del peso seco de la madera, en tropicales, del 30% a más; los taninos proporcionan el sabor y olor de la madera, los tilices proporcionan sabor amargo y evitan la evaporación de las sustancias, se encuentran en las venas o en los vasos. Tambien en un mismo árbol entre el duramen y la arbura se presentan sales de calcio y cristales de sílice.

En la figura 1.9, se presentan las secciones microscópicas principales para el análisis de la madera, en los cuales se manifiesta la forma en que se aprecian los elementos constitutivos de la madera.

En las figuras 1.10 y 1.11, observamos la estructura anatómica de las maderas Latifoliadas y Coníferas que se explican más adelante en el tema de estructura celular.

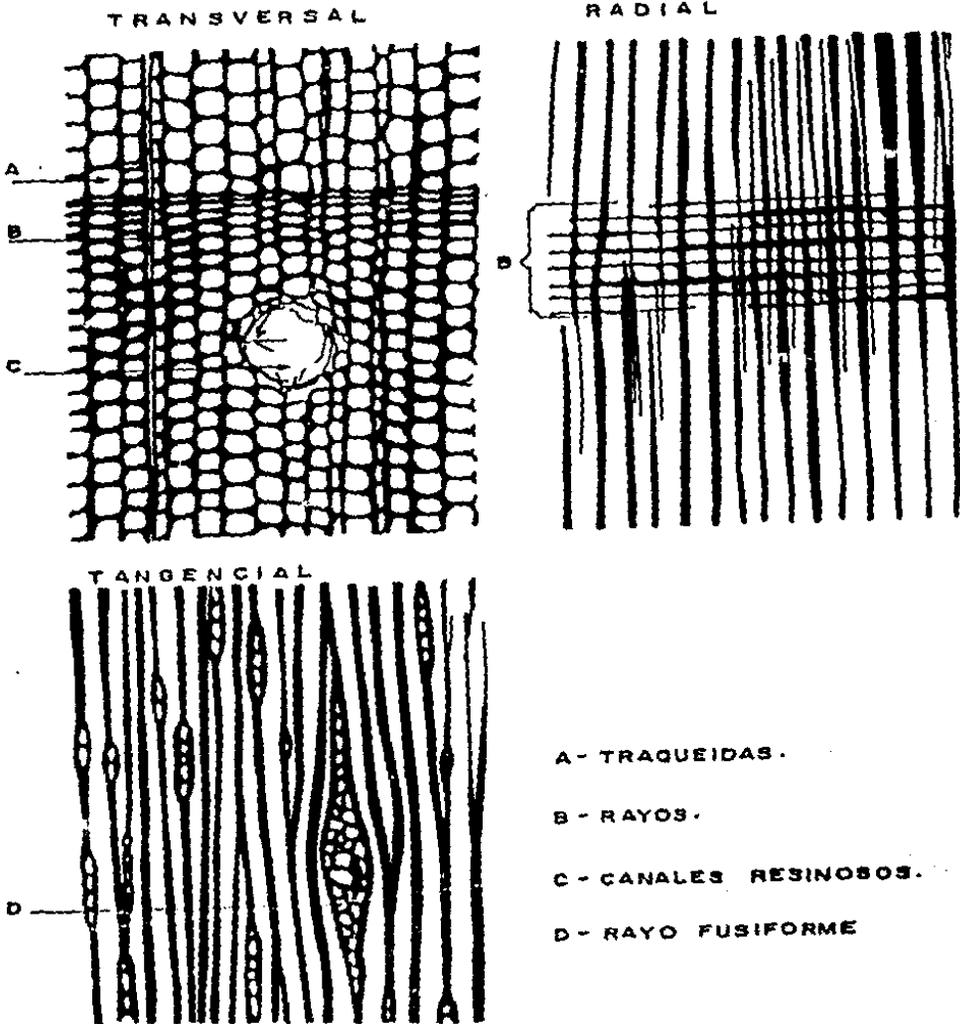


FIG. 1.9 SECCIONES MICROSCOPICAS DEL PINO

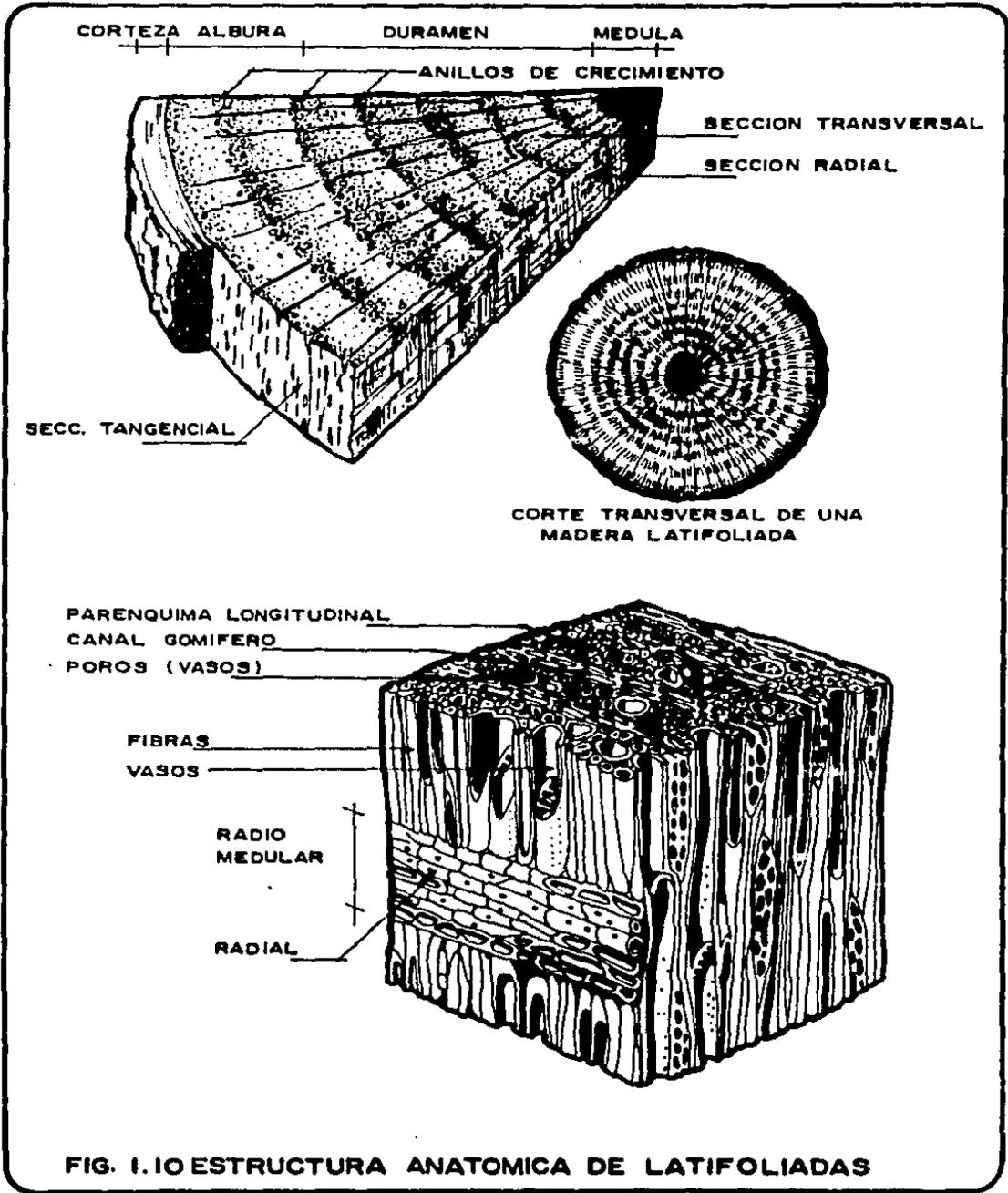


FIG. 1.10 ESTRUCTURA ANATOMICA DE LATIFOLIADAS

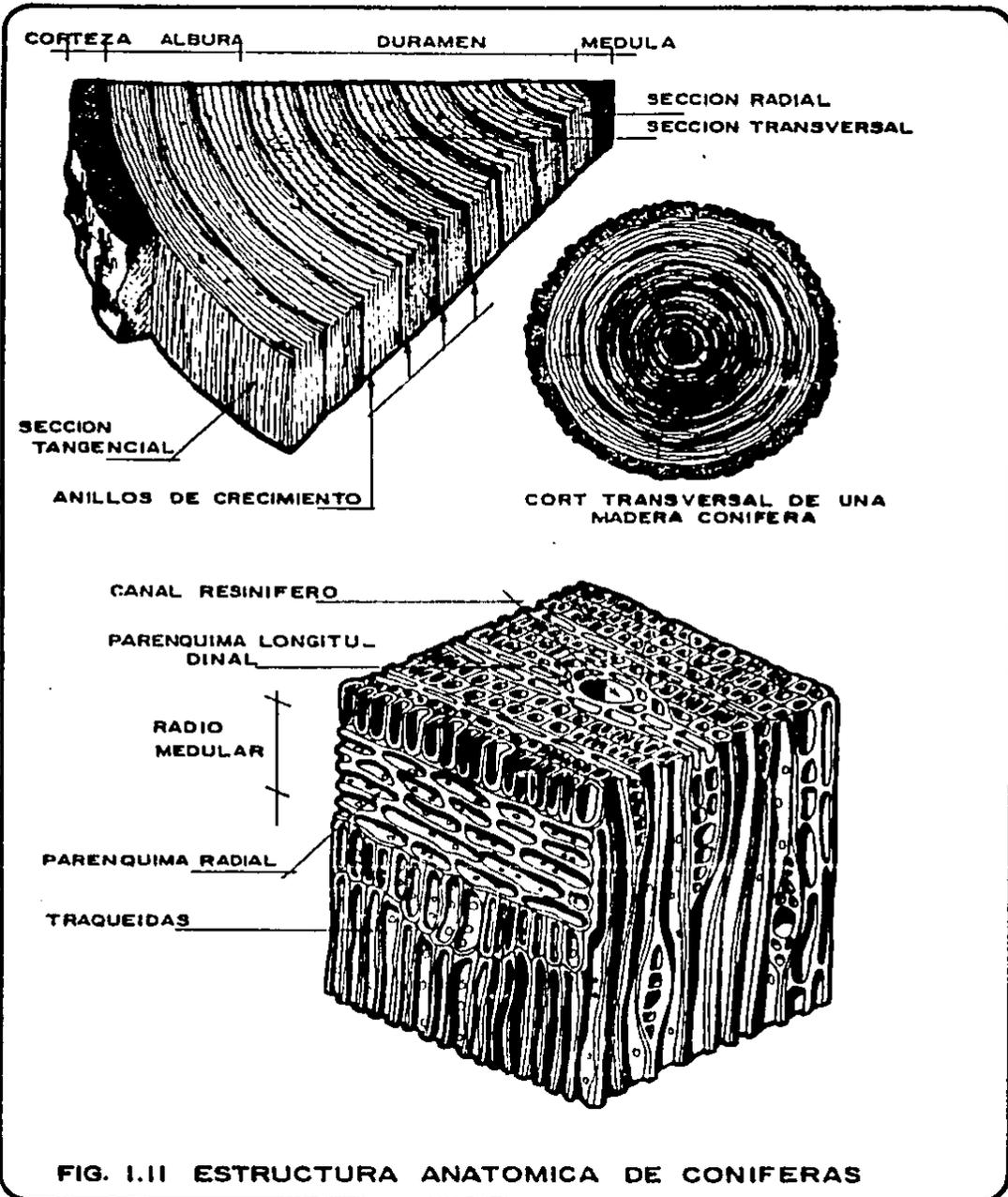


FIG. 1.II ESTRUCTURA ANATOMICA DE CONIFERAS

ESTRUCTURA DE LA MADERA.-

La parte maderable del árbol (arbura o xilema), presenta tres funciones principales: a) Conducción de agua, b) Almacenamiento de sustancia de reserva, c) Resistencia. Los diferentes tejidos cumplen con las funciones específicas, así el **tejido vascular**, la de conducción, el **tejido parenquimático** de almacenamiento y el **tejido fibroso**, el de resistencia. Los elementos prosenquimáticos son las células alargadas y paredes engrosadas que se relacionan con la conducción y la resistencia, y los parenquimáticos son las células cortas y de paredes relativamente delgadas que tienen la función de almacenar y distribuir las sustancias de reserva.

Hay dos sistemas de elementos xilemáticos, el longitudinal, formado por elementos prosenquimáticos (vasculares, fibras o traqueidas) y elementos parenquimáticos y el transversal, principalmente constituido por elementos parenquimáticos.

CORTES DE LA MADERA.-

Por la disposición de las capas de crecimiento en el árbol, así como la orientación vertical y horizontal de las células, es apropiado considerar la estructura de la madera en tres terminos dimensionales. En la figura 1.12, un tronco está cortado para mostrar los tres cortes, transversal, radial y tangencial.

Un corte es perpendicular al eje del tronco y se llama corte **TRANSVERSAL**, es generalmente observado en la cabeza o testa de la pieza o al final de la troza. Como la sección transversal de un árbol es similar con un círculo, un corte vertical pasado a través de la medula del árbol (como un radio del círculo), perpendicular al corte transversal, genera el corte **RADIAL**.

Un corte vertical paralelo a la médula, pero no pasando a través de ella, forma una tangente a los anillos de crecimiento, éste corte se llama **TANGENCIAL**. La curvatura de los anillos no es geoméricamente regular y el corte tangencial es mejor determinado cuando es perpendicular al corte radial. sin embargo, un tablon (con bastante espesor) es aceptado como una superficie tangencial. En un pequeño cubo de madera la curvatura de los anillos de crecimiento es despreciable, así el cubo puede ser orientado a contener completamente los tres planos, Transversal, radial y tangencial y se puede denominar corte **OBLICUO**.

Estos planos imaginarios, se conocen para su estudio, ya en la madera como corte transversal, corte radial y corte tangencial.

En la descripción de madera aserrada o piezas de madera, el termino superficie final del grano (o simplemente grano final) se

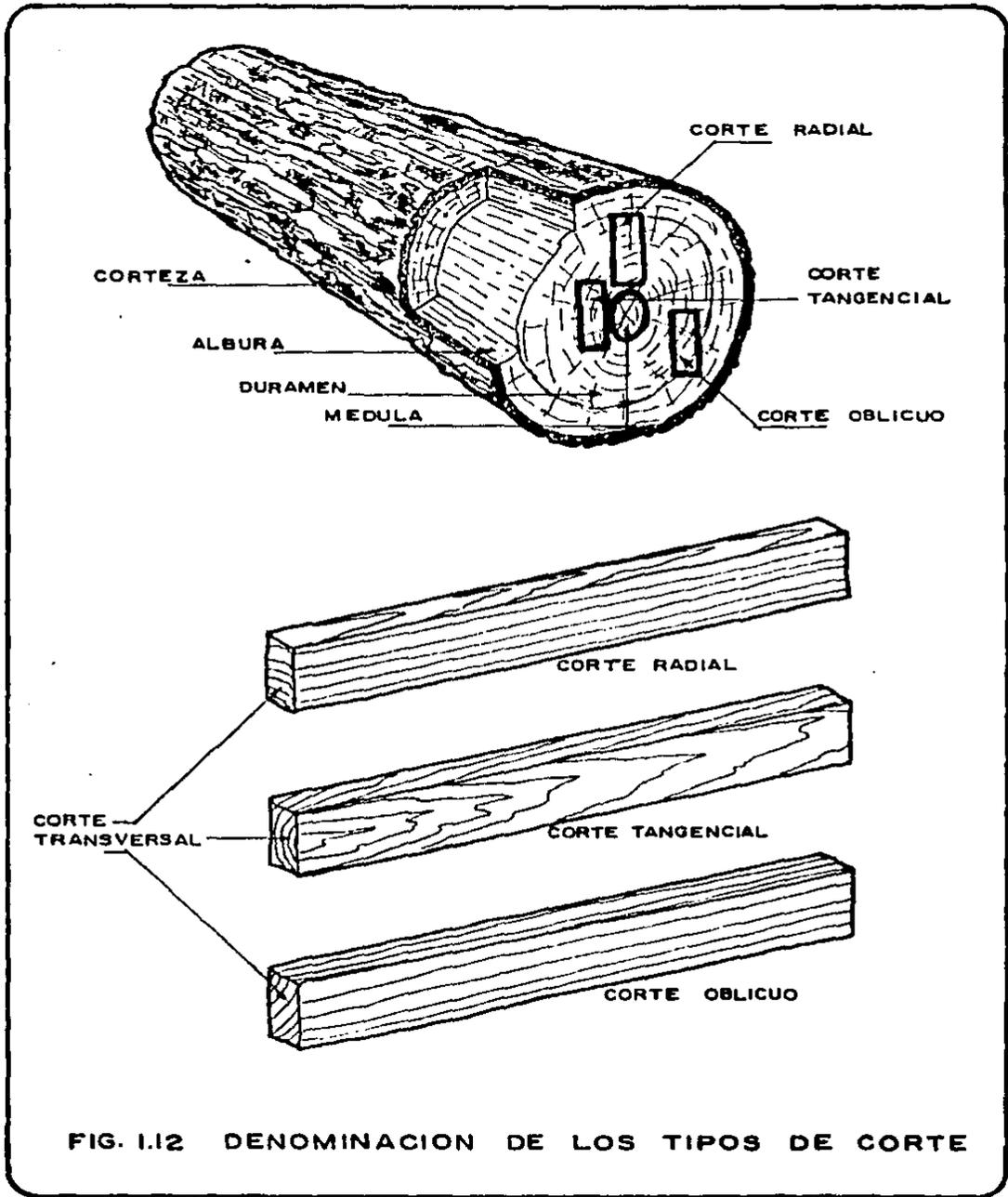


FIG. 1.12 DENOMINACION DE LOS TIPOS DE CORTE

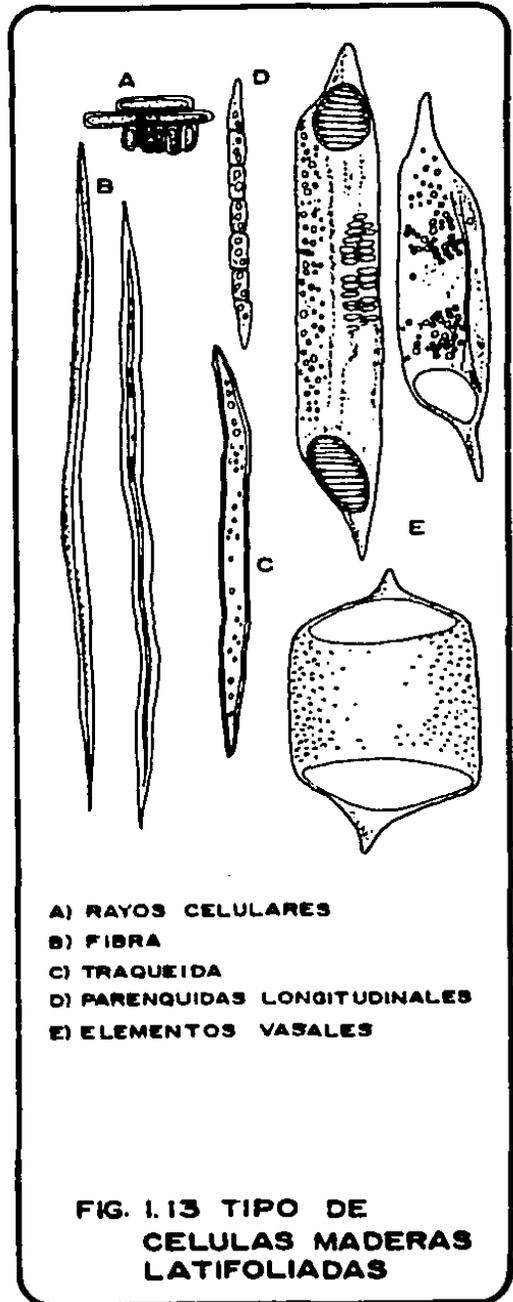
refiere a las secciones transversales, así también un plano cortado paralelo a la médula es denominado lado del grano o superficie longitudinal. Con madera aserrada o chapas de madera, tecnología adicional es utilizada para variedades de superficies longitudinales. Por ejemplo, piezas cuyas amplias caras están más o menos en el plano radial, son llamadas grano radial; borde de grano o grano vertical, cuando los bordes de los anillos de crecimiento emergen a la superficie.

ESTRUCTURA MACROSCOPICA.-

Se consideran las características de los diferentes tejidos.

Anillos de crecimiento: son capas de crecimiento que volumétricamente tienen la forma de conos superpuestos según el crecimiento de la madera, con un corte transversal se aprecian en forma de círculos; el último anillo siempre se extiende desde la parte inferior del árbol hasta la copa. En las zonas templadas, en las cuales los cambios de clima (estaciones), son bien marcadas, todos los árboles tienen anillos bien definidos. En la primavera cuando empieza el crecimiento, el cambium produce células largas con paredes delgadas y un lumen amplio para la conducción de agua. En el otoño disminuyen las condiciones de agua por lo que el cambium produce células pequeñas, de paredes gruesas y lumen pequeño.

Debido a la diferencia de las células producidas, además de que algunas de éstas mueren, sobre todo hacia la parte medular, generando color diferente, éstas siendo más oscuras,



A) RAYOS CELULARES
 B) FIBRA
 C) TRAQUEIDA
 D) PARENQUIDAS LONGITUDINALES
 E) ELEMENTOS VASALES

FIG. 1.13 TIPO DE
 CELULAS MADERAS
 LATIFOLIADAS

pueden ser vistas como los anillos de crecimiento. En las zonas tropicales donde las estaciones no son muy marcadas, los anillos de crecimiento no siempre se distinguen claramente en razón al continuo crecimiento de árbol. Ver figura 1.10 y 1.11.

Radios medulares.- Los radios, claramente vistos en el corte radial, son líneas que van desde el interior hacia el exterior del árbol, siguiendo la dirección de los radios del círculo definido por el tronco, formando el sistema transversal de conducción de éste. Los radios están constituidas por células parenquimáticas, es por ello que son líneas débiles en la madera y durante el secado se producen grietas a lo largo de ellos.

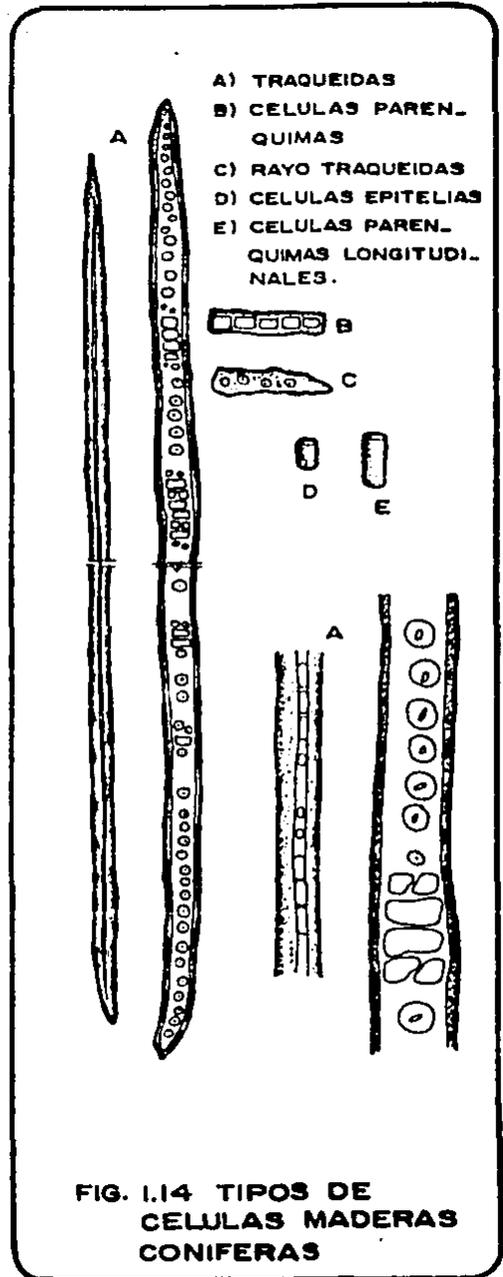
Parénquima longitudinal.- Formado por el tejido parenquimático, constituye parte del sistema longitudinal del tronco, su disposición tiene importancia en la identificación de la especie.

El parénquima longitudinal tiene un color más claro que el tejido fibroso. Las maderas con mayor porcentaje de tejido parenquimático son de baja resistencia mecánica y más susceptibles al ataque de hongos e insectos.

ESTRUCTURA CELULAR.-

Según la estructura celular, las especies maderables se dividen en dos grandes grupos: las maderas latifoliadas, angiospermas, llamadas maderas duras y las maderas coníferas, gimnospermas, llamadas maderas blandas.

Maderas latifoliadas.- La madera tiene una estructura anatómica



heterogénea, constituida por diferentes células leñosas, presentadas en la figura 1.13, tales como: los vasos o poros, que tienen la función de conducción de agua y sales minerales. Estas células forman del 6% al 50% del volumen total de la madera, siendo este porcentaje mayor en las maderas blandas (de dureza) y porosas de ésta especie. También existen fibras que son células adaptadas a la función mecánica y que forman el 50% o más del volumen de la madera; a mayor porcentaje de fibras mayor densidad y por lo tanto mayor resistencia mecánica.

Así mismo se observan células de parénquima que tienen la función de almacenamiento de sustancias de reserva y forman un tejido leñoso blando; en muchas especies tropicales superan el 50% del volumen total.

Maderas coníferas.- La madera tiene una estructura mecánica homogénea y está constituida por elementos leñosos llamados traqueidas, ver figura 1.14; éstas forman el 80% al 90% del volumen total de la madera y tienen la función de resistencia y conducción. Así mismo presentan células de parénquima en menor proporción.

SISTEMA	ELEMENTOS	LATIFOLIADAS	CONIFERAS
Longitudinal	prosenquimáticos	vasos fibras	traqueidas
	parenquimáticos	parénquima longitudinal	parénquima longitudinal
Transversal	prosenquimáticos	no tiene	traqueidas
	parenquimáticos	parénquima radial	parénquima radial

ESTRUCTURA SUBMICROSCOPICA.-

Según la estructura, de la fibra o célula leñosa presenta una cavidad central denominada lumen, delimitada por la pared celular propiamente dicha. La pared presenta tres capas:

Lamina media: llamada capa intercelular, porque une células adyacentes y está compuesta principalmente por lignina (60% al 90% de la pared celular) y pectina.

Pared primaria: Es la capa exterior de la célula, compuesta principalmente de lignina y pectina, se distingue de la lamina media por la presencia de 5% de celulosa en forma de fibrillas.

Pared secundaria: Compuesta principalmente por celulosa o fibrillas, llegando a alcanzar el 90%. Está formada por tres capas que se distinguen por la orientación de las fibrillas. La capa central es la de mayor espesor y sus fibrillas se orientan casi paralelas

al eje de la célula (de 10 a 30 grados de desface), consecuentemente ésta orientación es fundamental en la resistencia de la fibra. Las fibrillas están formadas por la unión de las microfibrillas

DIFERENCIAS PREDOMINANTES.-

	LATIFOLIADAS	CONIFERAS
Color	oscuros, rojizo-castaño	claros, amarillos.*
Textura	más gruesa	más fina
Olor	no se presenta	se presenta
Sabor	no se presenta	se presenta
Orden micros.	desuniforme	uniforme
Rayos	heterogeneos, grandes, anchos, resiníferos	homogeneos, finos, delgados, gomosos
Células	fibras, pared gruesa lumen reducido, puntuaciones simples.	traqueidas, pared delgada, lumen amplio, puntuaciones aureoladas
Vasos	cortos, largos, anchos	cortos, largos, anchos
Parénquima	diferentes tipos	un solo tipo.
Conducción	vasos	traqueida, pared delgada
Soporte	fibras	traqueida, pared gruesa
Almacenamiento	células parenquimas	células paranquimas (origen radios horiz.)

*..El Yuniperos es el unico obscuro de las coniferas.

CUADRO ANATOMICO MADERAS CONIFERAS.

No. *		USOS
1	Pino Pinus contorta	(P)postes, durmientes, construcción, duela, parquet, lambrines, chapas, triplay, estructuras, muebles rusticos, lapices.
2	Pino de piña Pinus coulteri	(P)construcciones, postes durmientes, armaduras, construcciones, triplay, pulpa para papel.
3	Pino lacio amarillo Pinus douglasiana	construcción, muebles, postes, pilotes, durmientes, puertas, molduras.
4	Pino ponderosa Pinus jeffrey	(P)lapices, cajas, madera aserrada, puertas marcos, decoración de interiores, construcción, muebles, juguetes.
5	Pino hortiguillo Pinus lawsoni	muebles rusticos, construcción, vigas, postes pilotes, puertas. (P)juguetes de fricción, decoración de interiores, marcos, ventanas.
6	Pino Pinus lambertiana	(P)cajas, lápices, puertas, marcos, muebles, construcciones, triplay, papel.
7	Pino real Pino ponderosa	lápices, madera aserrada, cajas, puertas, pisos, lambrin, triplay, juguetes, construcción.
8	Cedro, Cedro blanco, P. colorado Libocedrus decurrens.	(P)Lápices, decoración de interiores, puertas marcos, utensilios domesticos, juguetes, ebanisteria, chapa, triplay, torneado.
9	Pino chino Ocote Pinus leiophylla	postes, pilotes, durmientes, muebles rusticos postes, pilotes, durmientes, muebles rusticos (P)construcción.
10	Oyamel, abeto Abies religiosa	papel, vigas de construcción, techos, ebanisteria, (P)camas, muebles infantiles, juguetes, canceleria, puertas.

(P) = usos propuestos.

* ver cuadro pag. 21

CUADRO ANATOMICO MADERAS LATIFOLIADAS.

No. *	NOMBRE	USOS
1	Encino blanco Quercus conra- llata.	(P)tarimas para carga, ,costrucción, jaulas para animales, durmientes.
2	Mamba, ojoche colorado Pseudolmedia oxyphyllaria.	durmientes, mangos de herramientas, bancos. (P)lambrin.
3	Guach Dialium guia- nense.	(P)estructuras, casas, puentes, muebles, quillas pisos, decoración de interiores y exteriores, postes, mangos de herramientas.
4	Tzalamo Lysiloma ba- hamensis.	duela, lambrin, parquet, chapa, postes, viviendas quillas, muebles, marcos.
5	Jabin Piscidia com- munis.	durmientes, duela, parquet, lambrin, costilla- jes de barcos, casas.
6	Frijolillo Pithecebollobium arboreum	(P)construcciones pesadas, puertas, armaduras esculturas, torneados, decoración de interiores chapa, articulos de oficina, mangos de herra- mientas, pisos, postes, durmientes.
7	Chakté, Cencerro Acismium pana- mense. Sweetia panamense.	pisos, puentes, lambrin, artesanias, torneado, postes, durmientes, (P)construcción, decoración, mangos de herramienta, esculturas.
8	Amapola cedrela Amapola prieta Pseudobombax ellipticum.	centros de triplay, canoas, (P)articulos tor- neados.
9	Palo judío Schizolobium parahybum	papel, lambrin, decoración de interiores, mue- bles, (P)centros de triplay, cajas, utensilios de cocina.
10	Encino colorado Quercus side- roxyla.	(P)decoración, ornamentación, chapa, parquet lambrin, muebles, puertas, ventanas, mangos de herramientas, cajas, durmientes.

(P) = usos propuestos.

* ver cuadro pag. 22

NOMINACION		MADERAS CONIFERAS										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A N A T O M I A	VASO	LONGITUD										
		DIAMETRO										
		No./MM2										
	TRAQUEIDA	LONGITUD	1509 um	3618 um	2299,25um	211 um	4236 um	3315 um	2123 um	1775 um	2370 um	2861 um
		DIAMETRO	33-24 um	40-32 um	44-36 um	38-31 um	37-20 um	42-32 um	41-34 um	26-21 um	60-37 um	39-33 um
		CORSOR PA.....	3 um	6 um	3,7 um	4 um	4,8 um	4 um	6 um	3 um	3-7 um	3-7 um
	FIBRA	LONGITUD										
		DIAMETRO										
		CORSOR										
	RAYO	No./MM	7	6	5,48	8	5	6	5	10	8,8	6
		ALTURA RAY.POLISERIADOS....	147 um	170 um	193 um	151 um	198 um	187 um	211 um	149 um	206,3 um	338 um
		CELULAS RAY.UNISERIADOS....	8	8	6,64	10		8	21	9	8,2	10
		ANCHURA			22,82 um						18,8 um	16,90 um
F I S I C A	CONTRACCION VOLUMETRICA.....	10,96%	17,15%	11,30%	11,15%	11,30%	10,22%	10,67%	7,19%	11,8%	11,32%	
	TANGENCIAL.....	6,63%	11,49%	8,01%	5,33%	8,01%	6,41%	6,63%	4,63%	8,64%	5,50%	
	RADIAL	5,43%	10,36%	4,17%	4,57%	4,17%	2,71%	3,79%	2,31%	3,83%	3,88%	
C A I C	GRAVEDAD ESPECIFICA	0,362	0,941		0,381		0,35	0,41	0,363	1,123	0,37	
	DENSIDAD ESPECIFICA	1,02	0,416		0,817		1,048	1,07	0,929		0,987	
Y A I M P	TRABAJO A LA RUPTURA.....	1,15	1,66	2,78	1,05	2,78	0,85	1,86	0,86	2,38	0,87	
	COEF.DE RESILENCIA.....	0,185	0,27	0,2605	0,17	0,2177	0,136	0,28	0,14	0,37	0,14	
	COTA DINAMICA.....	1,16	1,12	1,079	0,87	0,689	0,86	1,09	0,77	0,335	0,73	

* Ver listado de maderas adjunto.

NOMINACION		MADERAS LATIFOLIADAS										
		* 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A N A T O M I A	VASO	LONGITUD	518 um	479 um	280 um	279,3 um	115 um	305 um	264 um	549,4 um	461 um	565 um
		DIAMETRO	171 um		134 um	151 um	184 um	156 um	91 um	219 um	215 um	143 um
		No./MM2	5	8	6	3,26	5	5	16	38	2	7
	TRAGUEIDA	LONGITUD										
		DIAMETRO										
		GORSOR PA.....										
	FIBRA	LONGITUD	1575 um	1421 um	1153 um	852 um	1460 um	1174 um	973 um	2163 um	1480 um	1462 um
		DIAMETRO	20 um	20,1 um	19 um	20 um	20 um	27 um	17 um	39,2 um	31 um	23 um
		GORSOR	7 um	6,43 um	16 um	4 um	7 um	7 um	7 um	6,9 um	4 um	7 um
	RAYO	No./MM	12	6	10	30	30,1	9	9	5,67	6	11
ALTURA RAY.POLISERIADOS.....		10375 um	722 um	126 um	196 um	207 um	191 um	207 um	5,58 um	337 um	13908 um	
CELULAS RAY.UNISERIADOS....				11 um			10 um	10 um		5 um		
ANCHURA		17-90	53	2	22,6	45	1 y 2	1-3	58,6	3	9-34	
F I S I C A	CONTRACCION VOLUMETRICA.....	19,50%	18,53%	8,40%	9,47%	8,22%	5,14%	6,12%	7,89%	8,58%	18,74%	
	TANGENCIAL.....	10,62%	11,78%	6,03%	7,24%	6,27%	3,63%	3,67%	5,77%	5,43%	10,76%	
	RADIAL	6,6%	5,21%	2,81%	2,67%	3,63%	1,97%	2,40%	3,02%	2,04%	5,46%	
C A I C	GRAVEDAD ESPECIFICA	0,71	0,72	1	0,6	0,83	0,8	1,1			6,52	
	DENSIDAD ESPECIFICA			1,27			1,18	1,26		1,004		
Y A I M P	TRABAJO A LA RUPTURA.....	5,18	5,44	6,98	1,76	3,39	3,1		5,54	3,53		
	COEF.DE RESILENCIA.....	0,76	0,548	1,9	0,422	0,326	0,49		0,54	0,525	0,97	
	COTA DINAMICA.....		1,007	0,72	7,041		0,38		1,009			

* Ver listado de maderas adjunto

CARACTERISTICAS DE LA MADERA.-

Los árboles se dividen, de acuerdo a la diferencia en su estructura microscópica, en dos grandes grupos, coníferas y latifoliadas. Los **Bosques coníferos**, se desarrollan principalmente en zonas frías y templadas en el hemisferio norte y en menor proporción, en zonas similares del hemisferio sur. Su característica principal es su homogeneidad porque están formados por árboles de una misma especie o especies similares, las coníferas se hallan en menor número que las especies latifoliadas, en regiones templadas, se encuentran también bosques caducifolios, donde viven coníferas con latifoliadas (como el cedro, cedrela spp). Este tipo de latifoliadas se llaman árboles de hoja caduca o caducifolios, por tener épocas de clara defoliación, dadas las marcadas estaciones climáticas de estas zonas. Los **Bosques (o selvas) latifoliados**, se encuentran en zonas tropicales de América, África, Asia y Oceanía, tienen gran variedad de especies (nogal, ceiba, caoba, etc.) que representa un enorme potencial maderero.

ELEMENTO	CONIFEROS	LATIFOLIADOS
Arbol	Tronco recto, cónico hasta su ápice y revestido por ramas.	Tronco varía en dimensiones y formas, copa ramificada y bien definida.
Madera	Homogénea constituida por células que se agrupan en banda concéntrica, claras o madera de crecimiento y oscuros o madera tardía los cuales forman los anillos de crecimiento.	Heterogéneo, diferente tipo de células, presentan vasos, no se diferencian fácilmente los anillos de crecimiento.
Hojas	Resistentes, verdes todo el año, de consistencia dura escamosa y forma de aguja.	Variadas, de forma laminar y por lo tanto se les llama especies de hoja ancha o frondosa, pueden ser perennes o caducas.
Organos	Constituidos por pseudo flores, que son elementos escamosos, reunidos en conjunto a modo de espigas. Los frutos son en forma de cono y están al descubierto.	Son bien desarrollados, con flores de variada forma y dimensión y color, los frutos son comestibles y contienen la semilla.

La materia prima es extraída de éstos árboles teniendo

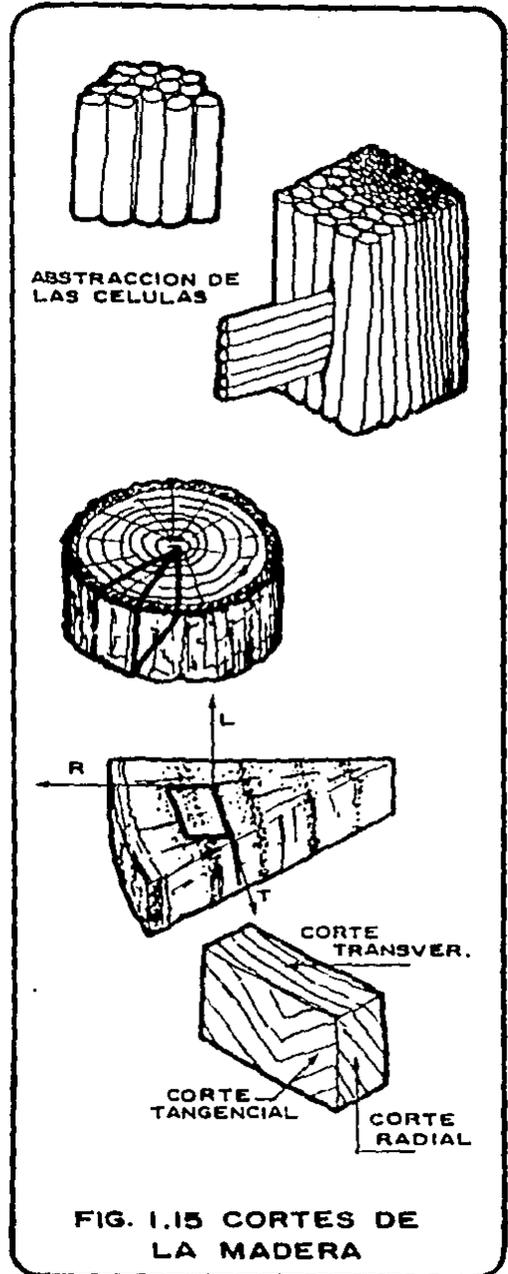
diferentes características. Defino como **características de la madera**, todos los elementos que identifican por medio de rasgos definitivos, que otorgan una particularidad o un distintivo del material, madera.

A lo largo de éste tema, utilizaremos el dibujo esquemático de la figura 1.6, el cual se encuentra en "Estructuras de la madera", (VI), haciendo una abstracción de las células y las presentamos en forma de pequeños tubos unidos unos a otros por sus paredes, forma parecida a la realidad, entenderemos más fácilmente el trabajo de la madera.

La madera se considera un material ortotrópico, en el cual se distinguen tres direcciones: - **eje longitudinal**, paralelo al eje del tronco y por lo tanto, paralelo a la fibra, **eje tangencial**, perpendicular al eje longitudinal y tangente a los anillos de crecimiento y **eje radial**, perpendicular a los ejes longitudinal y tangencial. Los ejes son ortogonales entre si y en la madera se tienen comportamientos diferentes respecto a las fuerzas físicas o al medio ambiente dependiendo del eje correspondiente.

Existen **características generales**, propias del material, tales como: hendibilidad, porocidad, sabor, color, olor, veteado, flexibilidad, homogeneidad, etc.

Características en las cuales se estudia el comportamiento del material, **respecto al agua**: resistencia a la humedad, higroscopicidad, contracción, hinchazón, densidad, conductibilidad eléctrica, etc.



Características mecánicas en las cuales se define como la resistencia de la madera a la aplicación de una fuerza o un trabajo, - determinadas como : resistencias al choque, al corte, a la abrasión, a la torsión, a la compresión paralela y perpendicular a la fibra, a la tracción, a la flexión, a la combustión, características con relación al sonido, y térmicas.

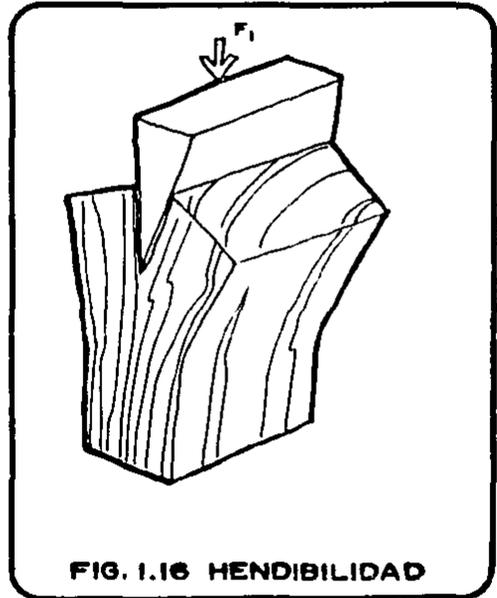
Factores que influyen en el comportamiento tales como : peso específico, contenido de humedad, defectos naturales, nidos, dirección de la fibra, resinas.

CARACTERISTICAS GENERALES.-

HENDIBILIDAD.- Es la facilidad o resistencia que tiene la madera para separarse en el sentido de las fibras, por presión. Esta cuña que se presenta en la figura 1.16, insertada en el sentido paralelo a la fibra, tiende a vencer la fuerza de cohesión que presentan las fibras de la madera.

Existen maderas que son más susceptibles a ser hendidas y son las que poseen las fibras más largas y ausencia de nudos como por ejemplo el Oyamel, el Cedro blanco.

Esta característica se debe tener en cuenta en el trabajo de la madera, especialmente cuando se utilizan las cabezas de las piezas al ensamblar, clavar etc., también se presenta frecuentemente en el secado de la madera por falta de ejecutar un buen proceso.



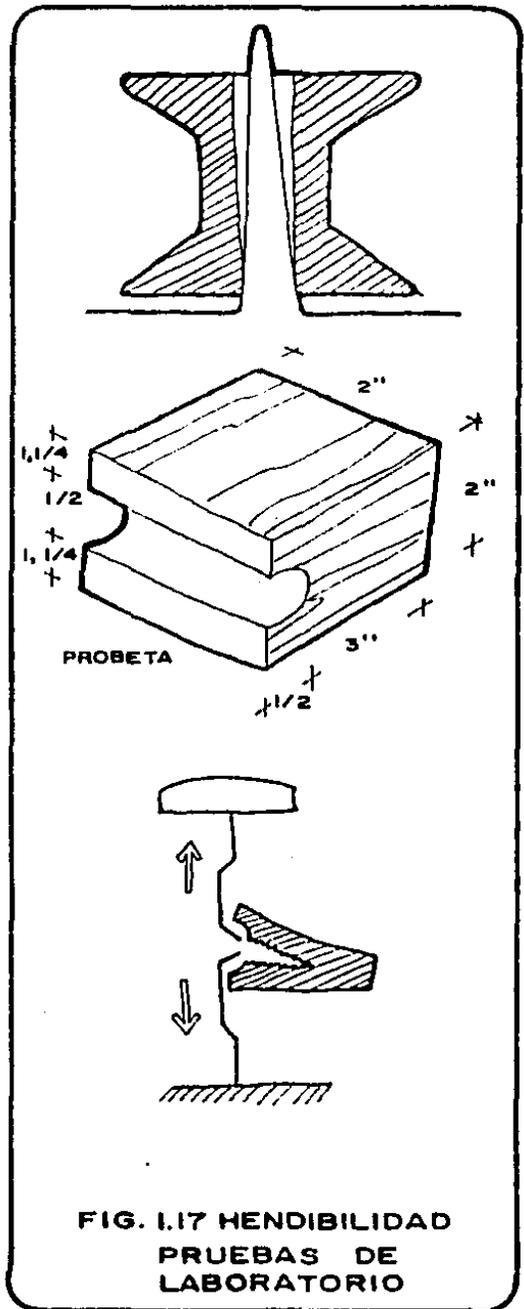
En la elaboración de objetos, presentamos un ejemplo donde esta característica había que tenerla en cuenta (Escuela Nacional de Minas de Colombia): se trataba de averiguar qué madera local, era apta para la fabricación de carretes para envolver hilos, la madera que se necesitaba debía ser blanda, liviana y tener una buena resistencia al hendimiento.

Esta última característica era necesaria porque en el momento de ser enrollada, la carreta debía entrar un poco

forzada en un husillo de forma cónica, el cual penetraba a través del agujero central de la carreta. A medida que entraba, ésta por su forma cónica ejercía una acción de cuña sobre aquella y si la madera no resistía suficiente al hendimiento, la carreta se rajaba. Fuera de Colombia se utilizan para éstas carretas maderas como el Abedul y el Abeto; En Colombia de acuerdo a los resultados se puede emplear el Huesito (mirtus albida) que tiene una resistencia al hendimiento de 52 Kg/cm². Otras de las aplicaciones donde es importante esta característica son, cajones de empaque, puesto que los clavos que aseguran las tablas entre si estan muy cerca de los extremos de ésta, los tacones de los zapatos etc. Otra madera colombiana recomendada es el Abarco (carima piriformis).

En la figura 1.17, se muestra la forma esquemática como se hace el ensayo de hendimiento. La probeta está determinada según las especificaciones de la Sociedad Americana de Ensayos de Materiales. (ASTM). La carga se aplica como se aprecia en el gráfico y con una velocidad, tiempo y condiciones de la madera establecidos.

POROCIDAD. - Es la característica de la madera que se presenta por tener entre sus células los espacios vacíos (lumen), generalmente llamado poros. Es importante tenerla en cuenta, en el acabado de superficies según los requerimientos pues las hay de poro abierto y de poro cerrado, si la superficie de madera es pintada en forma abrillantada o barnizada conviene tapar los poros con una pasta o sustancia adecuada.



**FIG. 1.17 HENDIBILIDAD
PRUEBAS DE
LABORATORIO**

BABOR.- Esta característica se emplea más para ayudar a una identificación de la madera generalmente en las etapas de clasificación empleado por los biólogos, para nuestro caso, solo si se producen objetos que tendrán contacto directo con un contenido determinado (barril de vino, cucharones etc.)

OLOR.- También es utilizada en la identificación de especies, pero si interviene más en la elaboración de objetos, algunas son inoloras y otras tienen un olor característico como el ciprés, el cedro rojo, el sándalo etc. El olor también denota a veces el buen o mal estado de la madera, frecuentemente una alteración de las fibras por descomposición va acompañado de un olor desagradable. Esta característica se encuentra determinada por las sustancias volátiles que existen en la madera, resinas y aceites.

COLOR.- Esta característica cambia de una especie a otra, inclusive cambia dentro del mismo árbol y también depende si está seca o verde la madera, se encuentra originado por las sustancias colorantes depositadas en la célula, por ejemplo el duramen es más oscuro porque sus conductos están obstruidos por los materiales extractivos.

Existen variedad de colores, desde los más claros, blancos como el arce, el chopo, amarillos claros morenos como el roble, el encino el castaño, maderas rojizas como el aliso, la caoba y los más oscuros como el bocote, el ébano (negro), el palo de rosa (violeta), en general las maderas duras tienden a tener color más oscuro y las blandas (de resistencia), colores más claros.

VETEADO.- Esta característica depende de los anillos de crecimiento, generalmente más marcados en los árboles localizados en países donde se presentan las estaciones o grandes diferencias de clima. El veteado depende del corte, radial, tangencial o transversal. Consiste en la figura que presenta la madera por la disposición en que se encuentran los elementos constitutivos, rayos, parénquima y vasculares.

FLEXIBILIDAD.- Es la facilidad que presentan algunas maderas para poderlas doblar o curvar, en el sentido paralelo a las fibras, sin romperse. Son elásticas y retornan a su forma original cuando ha cesado la fuerza que las presionó. La madera verde, húmeda o caliente es más flexible que la seca, las maderas jóvenes tienen mayor límite de deformación como el fresno, el olmo, el abeto, y algunos pinos. No lo son, el encino, el arce y en general las maderas duras.

Se puede curvar la madera si está en forma de lámina, (chapa), por medio de moldes; dependiendo de la especie se pueden obtener buenos ángulos de curvatura.

HOMOGENEIDAD.- Se presenta cuando su estructura y la composición de las fibras es uniforme en todas sus partes. Son poco homoge-

neas las maderas con radios medulares muy desarrollados como el fresno, el encino y las que presentan los anillos de crecimiento con diferencias notables entre madera tardía y madera temprana, como la primavera. Influye mucho la presencia de nudos.

CARACTERISTICAS REFERENTES AL AGUA.

HIGROSCOPICIDAD.- Es la capacidad que tiene la madera de perder o ganar agua, siempre tiende a establecer un equilibrio con la humedad relativa del ambiente que la rodea.

Es importante señalar dos aspectos: a) Las características mecánicas varían significativamente con el contenido de humedad (CH), b) Las variaciones del contenido de humedad (CH), producen cambios dimensionales que si no se tienen en cuenta, producen problemas en algunas de las aplicaciones del material, (ver densidad, secado).

CONTRACCION.- También es llamada retractibilidad, por su carácter higroscópico, se presenta cuando la madera pierde agua, las células disminuyen de volumen cuando baja del PSF, (ver capítulo 2, el agua en la madera), Punto de Saturación de la Fibra. La madera se contrae en forma diferente en sus tres planos, radial, tangencial y longitudinal; es mayor en el sentido de las paredes celulares o sea en los cortes radial y tangencial, en el sentido longitudinal es poco y se puede considerar insignificante en algunas aplicaciones.

Podemos esquematizar el movimiento dándole un unidad arbitraria de la siguiente forma : sentido longitudinal :0 ; sentido radial :1 ; sentido tangencial :2 ; ver figura 1.18, este tema será tratado más profundamente en el tema de secado.

HINCHAZON.- Se presenta cuando la madera absorbe humedad, ésta absorción aumenta el volumen de las paredes celulares. También origina movimiento de acuerdo al dibujo. La madera tenderá a equilibrarse con la humedad relativa del medio ambiente.

RESISTENCIA A LA HUMEDAD.- Es la resistencia del material para descomponerse por la presencia de humedad. La madera totalmente sumergida en el agua o completamente enterrada en el suelo hasta un nivel que permanezca continuamente húmeda puede durar años, en 1988, LACITEMA (Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera), analizó un pilote prácticamente intacto de cedro blanco, descubierto en el templo mayor de la ciudad de México que había permanecido totalmente embebido en agua por más de quinientos años, conservando todas sus características y propiedades; lo que perjudica a la madera son las alternativas de humedad y sequedad, así por ejemplo, un poste empieza siempre a decaer en la zona vecina al suelo pues allí está sometida a la acción

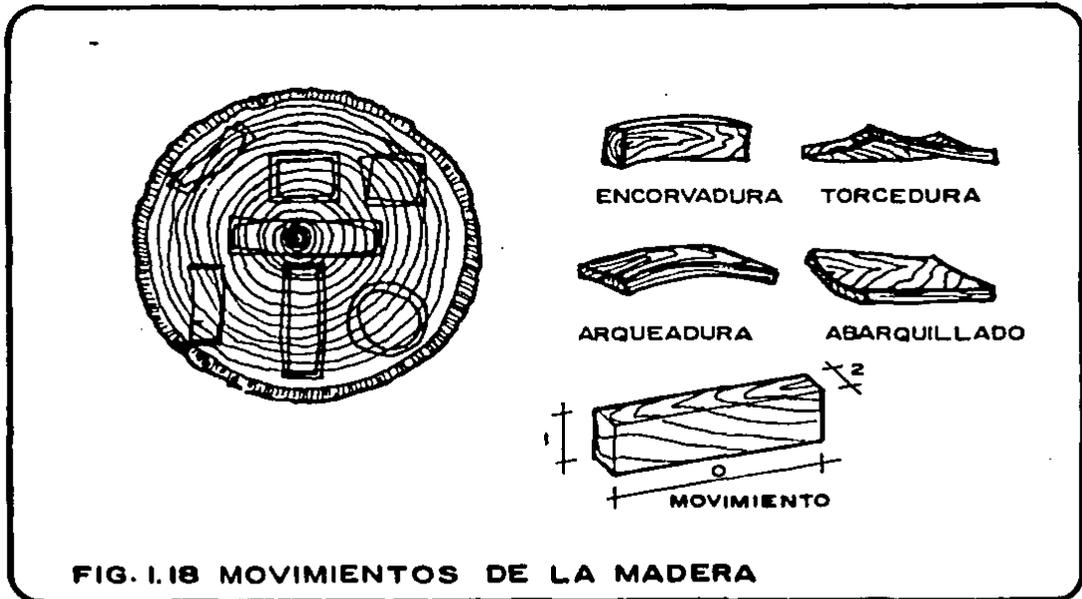


FIG. 1.18 MOVIMIENTOS DE LA MADERA

intensa de la humedad en los periodos de lluvia, para luego permanecer casi seca cuando el tiempo mejora. Esta característica hay que tenerla en cuenta en las aplicaciones donde se pueda presentar éste cambio de situaciones naturales tales como embarcaderos, durmientes del ferrocarril, construcción de viviendas etc.

Generalmente se ayuda a la madera, preservandola por medio de creosota, parafina u otros elementos químicos.

DENSIDAD.- La densidad es el peso por unidad de volumen, se determina el peso de una muestra de material y se divide por su volumen. $D = P/V$, se expresa en ton/m³, gr/cm³. El peso específico se puede considerar como una densidad relativa, debido a que es la relación entre la densidad del material y una densidad estandar, generalmente la del agua. La densidad se relaciona con el peso específico por su igualdad absoluta, es decir, un material que tiene densidad de 0,8 gr/cm³, tendrá un peso específico de 0,8. Este ultimo tambien es llamada **gravedad específica.**-

Determinando, el peso de la madera como el peso del material solido más el peso del agua, $P_m = P_{ms} + P_{H_2O}$, se pueden deducir varias densidades relativas a la madera :

a) **Densidad verde** : es la relación que existe entre el peso de la madera recién cortada (verde), y el volumen de la madera verde.

DV. = PV / VV.

b) **Densidad seca al aire** : es la relación que existe entre el peso seco de la madera seca al aire y el volumen de la madera seca al aire. $D_{sa} = P_{sa} / V_{sa}$.

c) **Densidad anhidra** : es la relación que existe entre el peso de la madera seca al horno y el volumen de la madera seca al horno. $D_a = P_a / V_a$.

d) **Densidad básica** : es la relación que existe entre el peso de la madera seca al horno y el volumen de la madera verde. $D_b = P_a / V_v$.

La densidad, es el indicador más importante de la resistencia de la madera y puede por consiguiente predecir características como madera dura, facilidad de maquinarse, resistencia al clavado. La madera densa contraída o hinchada, usualmente presenta grandes problemas en el secamiento.

Como dato curioso el libro de records de la Guinness, lista la madera Black Ironwood, así como una del Sudafrica, Olea Lansifolia, de las más pesadas : 93 lbs/ft³ y reconoce el Heschynomene hispida de Cuba como de las más ligeras con solamente 2 1/4 lbs/ft³. Sus gravedades específicas son de 1,49 y 0,044 respectivamente. El mensaje más importante respecto a la densidad es reconocer engañosamente los terminos de madera dura y madera blanda, (realmente ellos tienen pequeña relación respecto a la blandura y dureza) éstos terminos solo distinguen dos grandes grupos de árboles en el reino de las plantas.

La densidad de la parte sólida de la madera es de 1,56 gr/cm³ con algunas variaciones insignificantes entre las especies.

Densidades de algunas maderas mexicanas :

NOMBRE VULGAR	NOM.CIENTIFICO	DENSIDAD Kg/M3	DENSIDAD
		P.A./V.V.	P.A./V.15%HUM.
P.ortiguillo	pinus lawsoni	510	540
P.chino	leiophylla	460	490
Primavera	Rosedendron donell-smithii	390	410
Ceiba	Ceiba petandra	280	290
oyamel	Abies religiosa	380	400
Caoba	Swietenia macrophylla	400	425

P. = Pino

Ver bibliografía (VI)

Si se desea comparar densidades, es necesario obtener un Contenido de Humedad C.H. igual, determinar su peso y el volumen al que se refiere ese peso. Una misma muestra de pino chino, da una densidad de 0,46 g/cm³ si se refiere a P.A. (totalmente seco), al volumen verde y resulta de 0,525 g/cm³ si el P.A. se refiere a V.A. La diferencia es que la madera al secarse se contrae y por lo tanto reduce su volumen de forma que el P.A. referido a éste volumen menor da una densidad mayor.

CONDUCTIBILIDAD ELECTRICA.- La razón que realmente presenta esta característica es la presencia de agua en la madera pues ésta por sí sola no es conductiva, por lo tanto entre más húmeda mayor conductividad; presenta el doble de conductividad en el sentido paralelo a las fibras que en sentido transversal. Entre la conductividad en sentido tangencial y la radial existe una diferencia de 10% aproximadamente siendo la radial mayor que la tangencial.

Esta característica se utiliza generalmente para medir el contenido de humedad (CH), por medios electricos mediante un higrómetro. La resistencia eléctrica varía exponencialmente entre resistencias tan altas como 10.000 megohms, para contenidos de humedad de 5%, hasta resistencias de menos de 1 megohm en el punto de saturación de la fibra (PSF), sin embargo bajo condiciones de uso normales, la madera en estado seca al aire se comporta como un material aislante debido a que su resistencia electrica es de 500 megohms.

CARACTERISTICAS MECANICAS.

RESISTENCIA AL CHOQUE.-Es la resistencia que presenta la madera al someterla a un golpe con un cuerpo duro. La resistencia es mayor en el sentido del eje de las fibras y menor en el sentido transversal.

RESISTENCIA AL CORTE.- Consiste en la mayor o menor dificultad que presenta la madera por la penetración de otros cuerpos como clavos, tornillos a ser trabajada por el cepillo, la sierra o el formón.

Esta resistencia depende casi siempre de la cohesión de las fibras y de su estructura. Las herramientas no tienden a separar las fibras, (hendir), sino en unos casos en separar y cortarlas como con el formón, la gubia o la hoja del cepillo, en otros casos más que cortar arranca la madera, como la sierra. Esta característica tambien es llamada dureza de la madera y de éstas las que son más fibrosas, son más duras, pero varían según la clase de árbol y aún dentro del mismo árbol, siendo más duro el duramen y menos la arbura. Según la

dureza se clasifican , (clasificación presentada por el instituto técnico salesiano en su libro "Tecnología de la madera"-VIII):

a) Durísimas : ébano, boj, encino.

b) Duras : cerezo, arce, olmo, roble.

c) Semiduras : haya, nogal, castaño, peral.

d) Blandas : abeto, abedul, aliso, pino.

e) Muy blandas : chopo, tilo, sauce, balsa.

Esta variedad de dureza es presentada tanto en angiospermas como en gimnospermas.

La dureza se mide por medio de la prueba JANKA, que determina la fuerza en kilogramos necesarios para penetrar en la madera una esfera de acero de 0,444 pulgadas hasta una profundidad de 0,111 pulgadas. (en el sistema de medidas internacional, la esfera es de 11,3 mms, que corresponde su área proyectada de 100 mm², la penetración especificada es igual a la mitad del diámetro). Las durezas tangencial y radial son practicamente iguales pero menores a la de la superficie transversal.

Las maderas mexicanas, para un CH de 12% tienen durezas en las caras tangenciales que varían de 100 Kg a 550 Kg, la dureza en los transversales varía de 150 Kg a 1550 Kg. (ver tabla 1.1)

RESISTENCIA A LA ABRASION.- Las maderas sometidas a un roce o a

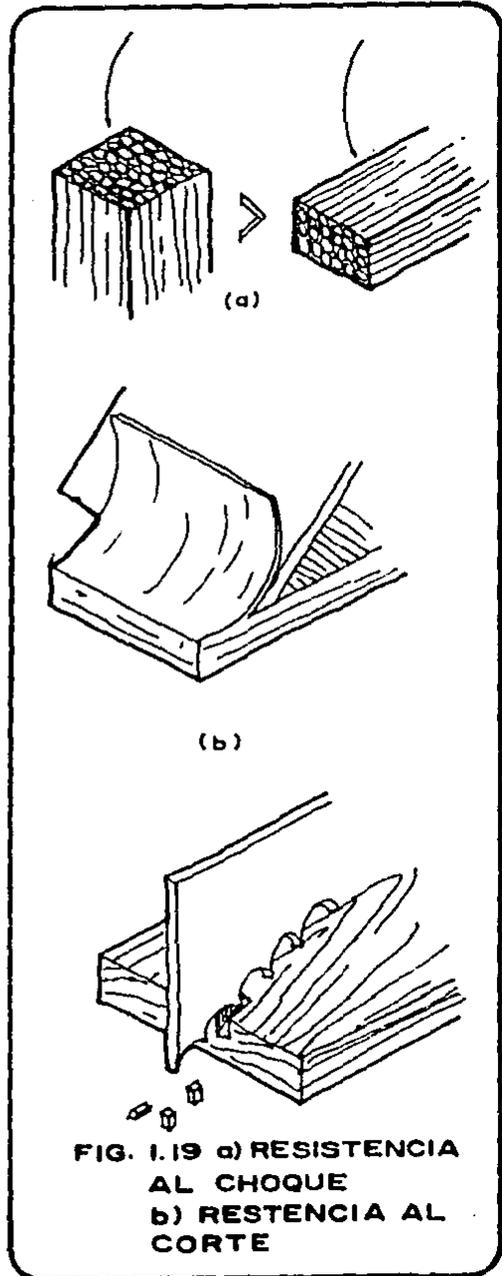


FIG. 1.19 a) RESISTENCIA AL CHOQUE
b) RESTENCIA AL CORTE

DUREZA JANKA

NOMBRE CIENTIFICO	N.COMUN	C.H. %	Relacion PA/VV	Relacion PA/VA	-----D U R E Z A -----			
					SUPERFIC. RADIAL Kg	SUPERFIC. TANGENCIAL Kg	SUPERFIC. LATERAL Kg	SUPERFIC. TRANSVERSAL Kg
CONIFERAS								
Pinus douglasiana	P. blanco, P. harasin, P.	113,22 8,61	0,43	0,53	215 353,3	216 396,3	215,5 374,8	186 464,2
Pinus lawsoni	P. ortiguillo	84,8 9,76	0,48	0,55	243 384,1	240 418,3	241,5 401,2	227 515,7
Pinus leiophylla	P. chino, P. prieto, ocot	132,72 8,75	0,42	0,52	200 336,6	182 375,4	191 356	197 437,7
Pinus michoacana cornuta	P. escobeton, P. lacio	109,35 8,21	0,43	0,51	210 349,3	204 379,4	207 364,8	200 460,6
Pinus ponderosa	P. ponderosa	91 12	0,41	0,42			218 315	210 385
pseudotsuga menziesii		38 12	0,45	0,51			225 319	256 405
LATIFOLIADAS								
Cordia dodecandra	Siricote, Chackopte	41,1 9,73	0,78	0,83	1000 955	1025 955	1012,3 955	892 1194
Lysiloma bahamensis	Izalam, Izucte	91,85 10,69	0,6	0,66	610 596	590 671	600 635,5	632 703
Manilkara zapota	Chicozapote, Chicie zapot	42,95 10,57	0,86	1,06	1060 1547,5	1045 1549,8	1052,5 1548,6	1030 1254
Piscidia communis	Jabin, Barbasco	65,95 10,66	0,7	0,76	745 828	685 857	715 842,5	770 871
Pouteria campechiana	Kaniste, Mamey de Campech	59,2 10,96	0,75	0,9	745 1024,8	695 10006,3	720 1015,5	770 1032,7
Pseudoboabax ellipticum	Amapola, bote	219,75 10,06	0,27	0,37	97 217,7	110 212,5	98,5 215,1	125 336,2
Pseudoluedia oxyphyllaria	Mamba, mansh	66,25 9,78	0,69	0,87	687 1094,8	687 1055,4	687 1075,1	730 1166,2
Acer saccharum		58 12	0,56	0,68			680 1010	750 1290
Tilia americana		105 12	0,32	0,4			113 184	131 234
Quercus alba		68 12	0,6	0,71			480 613	505 685

una erosión, experimentan una pérdida de materia. Este desgaste es mayor en la cabeza (corte transversal) de la pieza, menor en el corte tangencial y muy pequeña en el radial. Esta característica se tiene en cuenta en el pulido, una de las fases del acabado, y depende de la textura del tejido, si presenta un tejido fino las piezas quedarán bien alisadas, generalmente las maderas duras o semiduras, (nogal, fresno), se dejan pulir bien, las blandas tienden a levantar la fibra y es más difícil obtener un acabado fino.

RESISTENCIA A LA TORCION.- Es la resistencia que opone a la deformación una pieza de madera fija en un extremo que sufre un giro normal a su eje, fuerza aplicada en el otro extremo.

La resistencia a esfuerzos producidos por torsión es del mismo orden que su resistencia al esfuerzo cortante paralelo a las fibras. El esfuerzo cortante por torsión en el límite de proporcionalidad es aproximadamente igual al 70% del esfuerzo cortante correspondiente a la falla.

RESISTENCIA A LA COMPRESION.- Es la resistencia que opone la madera a una fuerza que tiende a aplastarla, la resistencia depende del sentido donde se aplique la fuerza, es mayor en el sentido paralelo a las fibras y menor en el sentido perpendicular a las fibras.

COMPRESION PARALELA A LAS FIBRAS.- La resistencia presentada por la madera, se debe a que las fibras están orientadas con su eje longitudinal en esa dirección y que a su vez coincide, o están muy cerca de la orientación de las microfibrillas que constituyen la capa media de la pared celular. Esta es la capa de mayor espesor de las fibras.

La capacidad está limitada por el pandeo de las fibras más que por su propia resistencia al aplastamiento. La resistencia a la compresión paralela a las fibras en la madera es aproximadamente la mitad que la resistencia a la tensión.(II)

Los valores del esfuerzo de rotura en compresión paralela a la fibra varían entre 100 y 900 Kg/cm², para maderas tropicales. Esta variación está en función de su densidad, (entre 0,2 y 0,8 de la densidad básica). El esfuerzo en el límite proporcional es aproximadamente el 75% del esfuerzo máximo y la deformación es del orden del 60% de la máxima.

La compresión como esfuerzo aislado, ocurre en bloques en los cuales el lado mayor sea de una longitud igual o inferior a 10 veces la del menor, o cuya relación entre la longitud y el radio(L/R), sea menor o igual a 25. Para L/R mayores o para relaciones entre el lado menor y la longitud superiores a 1/10, el bloque recibe ya el nombre de columna, de tal forma que,

esforzado estará no solo a esfuerzos de compresión, sino a los de flexión.

Para pruebas de laboratorio se utilizan las normas de la (ASTM) sociedad americana de ensayos de materiales, la probeta tiene las dimensiones de la figura 1.20 y se siguen las condiciones de velocidad de aplicación de la fuerza, secado, superficies terminales paralelas y una vez ejecutadas presentan las siguientes fracturas ver figura 1.21 :

a) Aplastamiento, cuando el plano de rotura es aproximadamente horizontal.

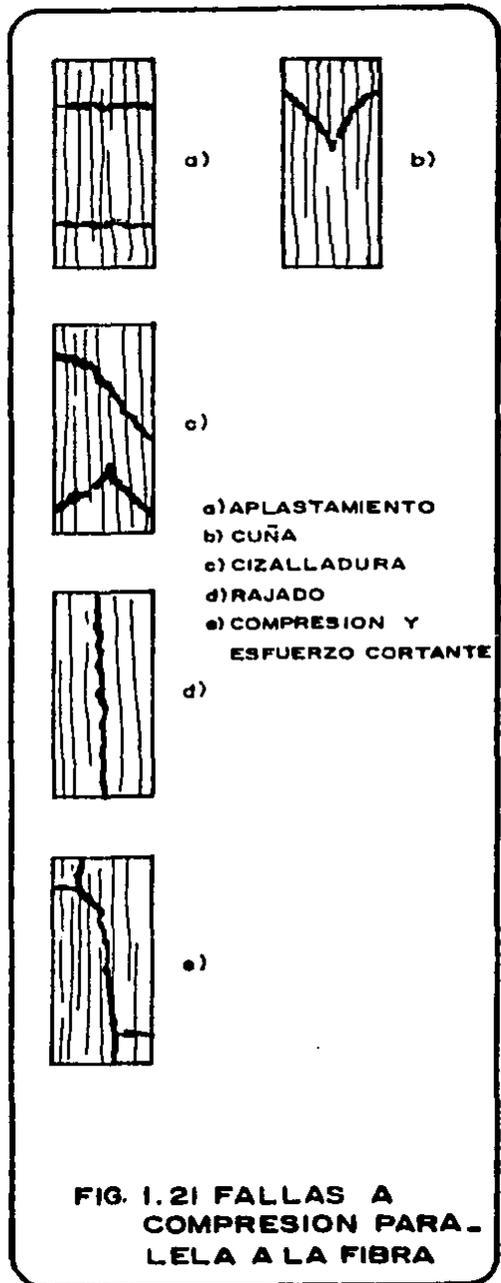
b) Rajada en forma de cuña (wedge split), debe anotarse la dirección de la rajadura, si es radial o tangencial.

c) Cizalladura, cuando el plano de rotura hace un ángulo con el eje del modelo.

d) Rajado, (splitting), el plano tiende a ser paralelo al eje de la probeta.

e) Compresión y esfuerzo cortante paralelo a la fibra. Esta fractura tiene lugar con frecuencia en piezas de fibra mal hilada y debe rechazarse como ensayos de compresión. La falla se debe esquematizar en la hoja de datos y localizarse la fractura con su descripción.

En el ensayo de flexión hay una combinación de los esfuerzos de compresión y tensión paralelos a la fibra; ahora, como la madera resiste menos a la compresión que a la tensión, en la mayor parte de los casos, es la resistencia a la compresión la que viene a



determinar la fractura; para demostrar esto, comparamos las cifras que en la tabla No. 1.3, que indican el esfuerzo unitario en el límite de elasticidad con los promedios de la compresión paralela a la fibra.

MADERAS	A LIM.de ELAS.	B Comp.// fibra.	A/B
Trapichero	899	895	1,00
Canime	647	650	0,99
Solera	601	580	1,03
Marfil	559	589	0,94
Comino	617	597	1,03
Abarco	511	498	1,02
Barcino	583	551	1,05
Ceiba blanca	120	122	0,98

Se pueden mirar otros ejemplos donde la relación A/B es 1,00 o muy cerca de 1,00, lo que quiere decir que el ensayo de flexión, las primeras fibras que empiezan a ceder son las que están sometidas a compresión. Esto mismo está expresado de una manera más clara en el gráfico comparativo de la resistencia de algunas maderas; un ejemplo nos lo proporciona la caoba para el cual el límite de elasticidad fué de 331 Kg/cm² y el esfuerzo de compresión de 447 Kg/cm², que no alcanzó a desarrollar los esfuerzos de compresión.

Estudios de maderas mexicanas (VI), presentan resistencias tales como :

N.COMUN	NOM.CIENTIFICO	CH %	PA/VV	C.PERPEN.	CORTE
oyamel	Abies religiosa	9,95	0,38	53,2	78,7
pino	Pinus rudis	9,97	0,48	92,8	125,9
encino	Quercus barvineruis	9,92	0,70	246,8	160,9

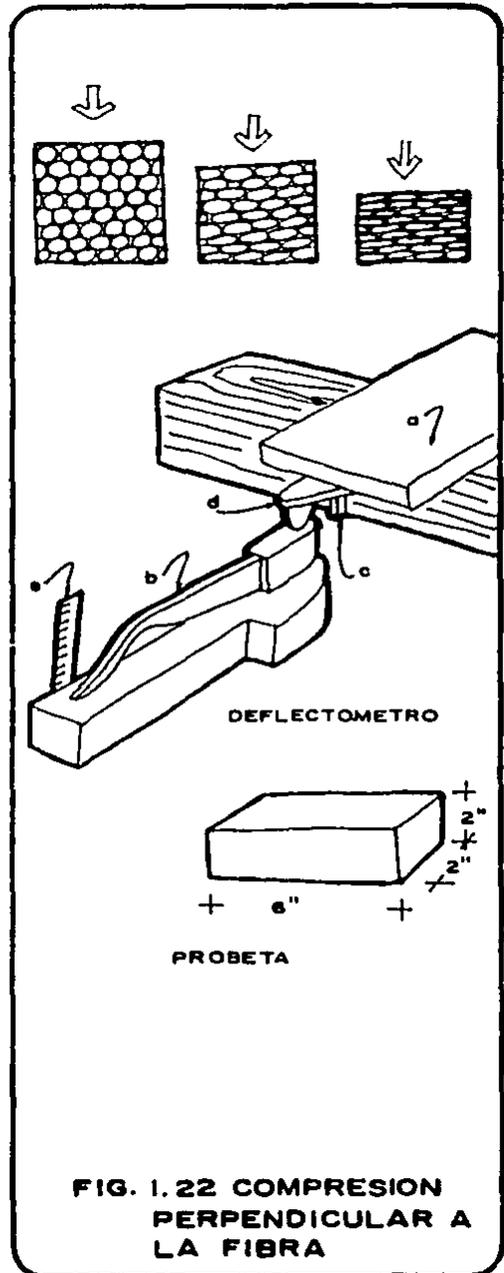
COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA.- Se presenta cuando la carga aplicada a la madera es perpendicular al eje del tronco o perpendicular a la fibra de la madera, (fig.1.22), y tiende a comprimir las pequeñas cavidades contenidas en ellas. Esto permite que se pueda cargar la madera sin que ocurra una falla claramente distinguible, al incrementarse la magnitud de la carga la pieza se va comprimiendo (aplastando los pequeños cilindros que semejan las fibras), aumentando su densidad y también, su misma capacidad para resistir mayor carga. La resistencia está caracterizada por el esfuerzo al límite proporcional, éste varía entre 1/4 a 1/5 del esfuerzo al límite proporcional en compresión paralelo a la fibra. Lo único que interesa averiguar en este ensayo es la carga hasta el límite de elasticidad, éste límite es

el punto hasta el cual las deformaciones son proporcionales a las cargas, esto es, si se siguiera aplicando la carga mucho más allá del límite de elasticidad, el modelo acabaría por ser cargado por la platina que lo comprime y entonces no se averiguaria la resistencia de la madera al esfuerzo de compresión normal a la fibra sino el esfuerzo cortante en el mismo sentido. Figura 1.23.

Como puede observarse en la figura 1.22, debajo de la platina (A), se coloca el deflectómetro de palanca (D), por medio del cual se averiguan las deformaciones correspondientes a las diferentes cargas que se van aplicando.

La norma (ASTM), de la sociedad americana de ensayos de materiales fija el tamaño de la probeta según el gráfico 1.22, también fija la velocidad de aplicación de la carga y las condiciones de la madera. La madera resiste mucho menos a la compresión perpendicular a la fibra que a la compresión paralela a la fibra, ha de tenerse en cuenta, sin embargo que los datos de la columna (14), de la tabla 1.3, son esfuerzos en el límite de elasticidad y en la columna (13) son derivados de la carga de rotura; los esfuerzos de compresión perpendicular a la fibra son de un 10% a 20% de los correspondientes a la compresión paralela a la fibra, solamente en pocas maderas son de 25% a 30% como el Diomate cuyo esfuerzo unitario fué de 262 Kg/cm².

A continuación se presenta una lista de maderas utilizadas en Colombia (ver anexo nombres



científicos), como durmientes de ferrocarril a fin de que se note que todas ellas, maderas tropicales, tienen muy alta resistencia a la compresión paralela a la fibra.

MADERA

COMPR. PERPEN. A LA FIBRA.
 KG/CM²(ESFUER. EN EL L.de E.)

Trapichero	142
Comulá	133
Eucalipto	132
Abarco No.2	100
Mangle	139
Guayacan polvillo	168
Comino	88
Tiricio	125

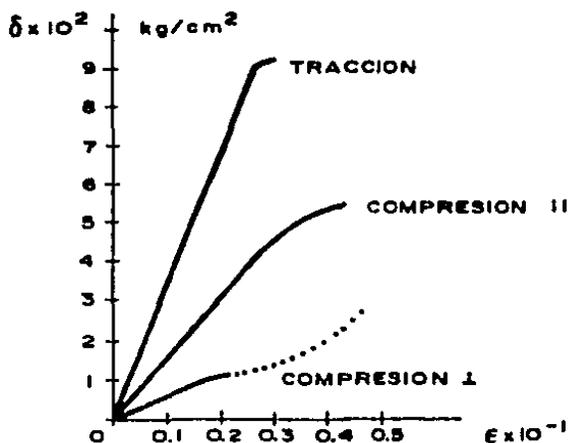


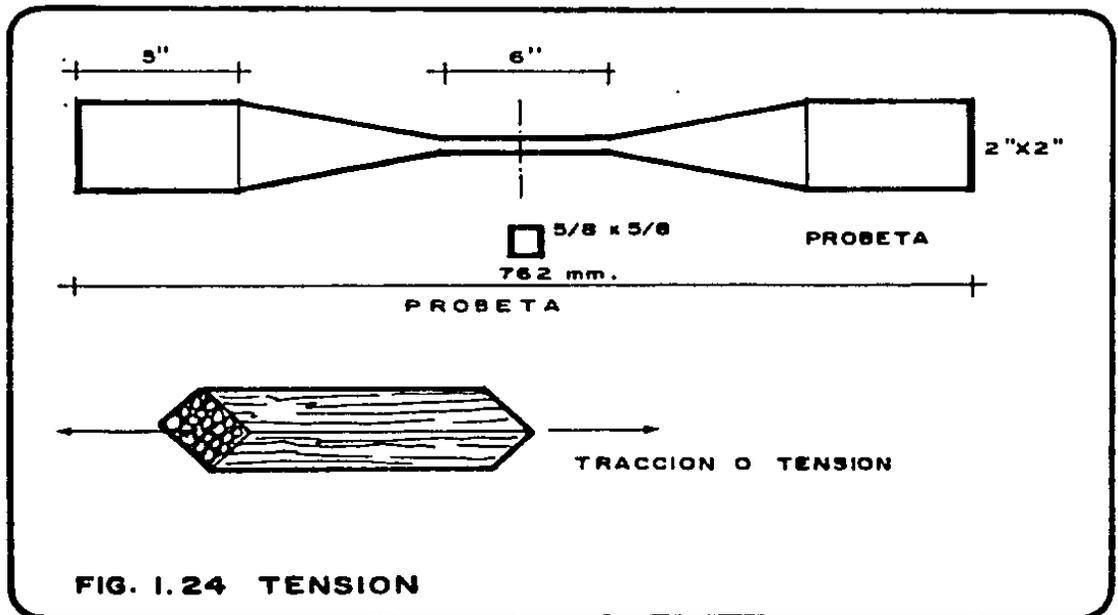
FIG. 1.23 CURVAS DE ESFUERZOS- DEFORMACIONES DE LA MADERA

RESISTENCIA A LA TRACCION.- Este esfuerzo también es llamado tensión paralela a la fibra y se presenta cuando la madera es jalada en dirección de la fibra en sentido opuesto. Es aproximadamente dos veces la resistencia a la compresión paralela a la fibra (ver figura 1.23). El ensayo de tensión es muy difícil de efectuar, debido a que el más insignificante defecto, bien sea en el modelo, en su colocación, los nudos, los deshilamientos de la fibra, la falta de igualdad en los soportes, pueden influir a que se tengan resultados erróneos.

Generalmente es utilizado para diseñar estructuras de

madera; en la tabla 1.3, los valores de la columna 7 indican los esfuerzos unitarios en el limite de elasticidad, estan comprendidos casi en su totalidad entre 50% y 60% de sus correspondientes modulos de rotura. La carga debe ser continua y en aumento de lo contrario la pieza no fallará.

La resistencia a la tracción paralela al grano, depende significativamente de la inclinación del grano, por ejemplo, para una inclinación de 1 en 8 (7grados.) el esfuerzo de rotura es el 75% del esfuerzo de rotura paralelo al grano. Para una inclinación de 1 en 4, (14gr.) el esfuerzo de rotura es solo 45%. El esfuerzo de rotura perpendicular al grano (90gr.), es del 2% al 5%. Para efectos practicos la resistencia perpendicular al grano se considera nula.



Relación entre los esfuerzos de tensión y flexión. (III).

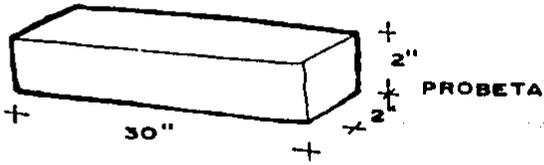
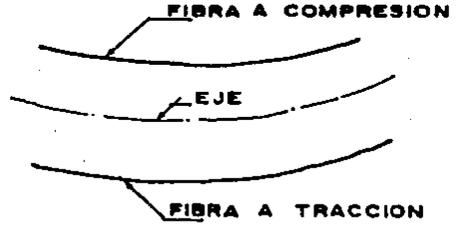
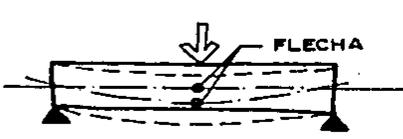
No.	MADERA	R.TENSION Kg/cm2	ESFUERZ.DE A FLEXION Kg/cm2	FACTOR DE SEGURIDAD
1	Abarco	1685	92	18
24	Canime	1254	98	13
36	Ceiba amarilla	619	42	15
80	Guayaboleón	1486	110	13
87	Guayacan hobo	899	82	11
65	Chingalé	1021	53	19
109	Matarratón	1710	93	18
131	Roble	1417	96	15
137	Solera	1618	117	14
143	Trapichero	2378	152	16

RESISTENCIA A LA FLEXION.-Se presenta cuando se carga en el centro un elemento apoyado en los extremos.Ver figura 1.25. Los ensayos segun las normas (ASTM),se elaboran con una probeta de acuerdo a la figura,se miden las flechas o deformaciones con un deflectómetro y se aumenta la carga en modulos (10 en 10 Kg,30 en 30 Kg,etc.)segun las maderas.Como la resistencia a la compresión es menor que a la tracción,la pieza falla primero en la zona de compresión,el eje neutro se desplaza hacia la zona de tracción,lo que a su vez hace aumentar rapidamente las deformaciones totales y finalmente la pieza falla por tracción.En vigas secas sin embargo,no se presenta primero una falla visible de la zona comprimida sino que ocurre directamente la falla por tracción.

Las fracturas por flexión se clasifican de acuerdo a su aspecto en la superficie fracturada y al modo como se desarrollan. De forma general se dividen en quebrada (brash) y fibrosa, la primera indica una falla cortada y la segunda una en la cual se muestran astillas de la madera. Las fallas se presentan en la figura 1.25 y se describen como (a), tensión sencilla, (b) tensión diagonal. La presencia de fibra mal hilada en vigas, de modo que se desvien i en 20 de los bordes longitudinales del modelo es causa que se rechace el ensayo. (c) tensión por desastillamiento, (d) tensión cortada, (e) compresión, (f) cizalladura horizontal.

RESISTENCIA A LA COMBUSTION.- La madera se considera altamente combustible lo cual es favorable si se usa para estos fines, pero cuando se utiliza en construcción, muebles o decoración se considera un defecto o una mala característica. Para evitar su facilidad de combustión, es necesario impregnarla con aditivos quimicos que retardan la acción del fuego.

Esta característica es buscada cuando la madera es utilizada como



FALLAS

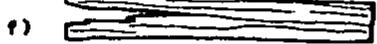
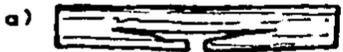


FIG. 1.25 FLEXION

energético o para pirograbado, las maderas más inflamables y combustibles son: Pino, Abeto, Sauce, Chopo, Aliso; las medianamente son : Caoba, Castaño; las menos son Encino, Ebano, Boj.

En general las maderas más densas son más difíciles de inflamación en su etapa inicial, las maderas verdes son menos inflamables que las secas.

CARACTERISTICAS TERMICAS.- Gracias a su característica de discontinuidad de la materia de la cual es compuesta, la madera es buen aislante termico. Las ligeras, blandas y con mucha porosidad son las más aislantes del calor.

En general, las características mecánicas de la madera, disminuyen con el aumento de la temperatura y aumentan con la disminución de ésta. Estos efectos son inmediatos porque cuando la madera es expuesta en un tiempo prolongado a altas temperaturas se producen cambios irreversibles en sus características.

A la influencia de la temperatura sobre la madera se consideran dos medidas derivadas que son **coeficiente de dilatacion y conductividad**. El primero es la medida del cambio de dimensión producido por una variación de temperatura. Las dilataciones en dirección radial y tangencial dependen del peso específico. Las dilataciones en sentido tangencial son mayores que las de sentido radial y éstas a su vez mayores que las longitudinales.

Para calcular la deformación total se utiliza la siguiente formula :

$$\Delta L = \delta \times L \times \Delta T \quad \text{donde}$$

- ΔL = Cambio dimensional lineal en cm.
- δ = Coeficiente de dilatación (1 /c)
- L = Dimensión lineal inicial en cm.
- ΔT = Cambio de temperatura (c)

Conductividad, es la medida de la rapidez con la que fluye la energía o calor a travez del material expuesto.

Se define como coeficiente termico (δ), la energía termica (Q) en kilocalorias, que fluyen en una unidad de tiempo (t), en horas, a través de un material con un espesor (S) en Mts, en dos caras de superficie (A) en Mts², sujetas a una diferencia de temperaturas constantes entre caras (T₂ - T₁) en Grs centigrados.

$$\delta = (Q \cdot S) / A \cdot t (T_2 - T_1)$$

La conductividad de la madera es menor que la mayoría de los materiales utilizados en construcción, por ejemplo la del acero es 400 veces mayor, concreto 10 veces mayor. Las maderas más ligeras tienen menor conductividad que las densas.

CARACTERISTICAS ACUSTICAS.- La madera tiene alta capacidad de absorber vibraciones producidas por las ondas sonoras. Esta característica esta relacionada con su estructura fibrovascular, su naturaleza elastoplástica y su densidad. La capacidad de absorber las ondas va directamente proporcional a su densidad.

La velocidad se mide : $V = E/P$ donde

V = velocidad de las ondas

E = modulo de elasticidad

P = densidad

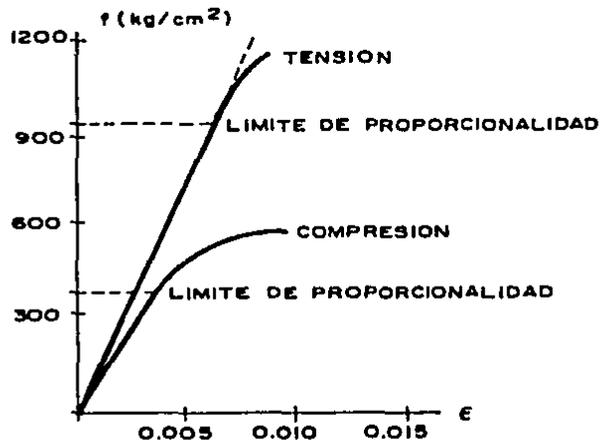
Comparados con varios materiales, la madera es menos efectiva en bloquear la transmisión del sonido. Una buena madera de absorción debe ser blanda y porosa. A continuación se presenta una tabla de velocidad de propagación de ondas :

MATERIAL	DENSIDAD	VEL. m/sg
Corcho	0,25	430-530
Madera	0,52	4760
Madera	0,69	4300
Agua	1,00	1435
Vidrio	2,50	5000-6000
Acero	7,85	5000

MODULO DE ELASTICIDAD.- Es el máximo esfuerzo unitario que puede soportar el material sin que se produzcan deformaciones permanentes. La madera como material ortotrópico presenta 3 módulos de elasticidad, según sus ejes ortogonales. El módulo de elasticidad se puede determinar por las pruebas de compresión axial o flexión. Según los resultados obtenidos en maderas tropicales (III), el módulo de elasticidad en compresión paralela a la fibra es mayor al M.de E. en flexión estática, no obstante se toma usualmente el segundo como genérico de la especie.

Para determinar el M.de E., es necesario someter las vigas ensayadas a la acción de cargas pequeñas sucesivas y crecientes, observando en cada caso la respectiva deformación y quitando después la carga, para ver si la lectura del deflectómetro regresa a ser la inicial; sino llega el deflectómetro a su posición inicial la viga ha sufrido deformación permanente y el esfuerzo unitario que estuviera soportando la madera sería su M.de E..

Como éste ensayo es muy largo se introduce la noción de **límite de proporcionalidad**, figura 1.26, el cual es el esfuerzo máximo unitario que esta experimentando la viga en el punto hasta el cual el diagrama va en línea recta, hasta ese punto las deformaciones de la viga son proporcionales a la carga que las producen. En la columna 7 de la tabla 1.3, estan los M.de E., determinados para varias especies tropicales.



**FIG. 1.26 CURVAS ESFUERZO- DEFORMACION UNITARIA
MÓDULO DE ELASTICIDAD**

Existen otros dos módulos elásticos de la madera como son el **módulo de rigidez o corte** y el **módulo de poisson**. El primero relaciona las deformaciones con los esfuerzos de corte que les da origen, el más utilizado es el que sigue la dirección de las fibras. Los valores varían de 1/16 y 1/25 del módulo de elasticidad lineal. (I)

El **módulo de poisson** es la relación que existe entre la deformación lateral y la deformación longitudinal. Para las maderas existen en general 6 módulos de poisson puesto que se relacionan tangencial, radial y longitudinalmente.

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DE LA MADERA.-

Existen algunas características de la madera que han sido adquiridas o desarrolladas durante la etapa del crecimiento y afectan su comportamiento tanto estructural como estético.

Rapidez de crecimiento : repercute directamente en la densidad de la madera, suele estimarse determinado el número de anillos de crecimiento por unidad de longitud del eje radial en el plano transversal.

En las maderas coníferas, cuanto mayor sea la rapidez de

crecimiento, menor será la densidad. Las más utilizadas para fines estructurales suelen tener de 8 a 30 anillos por cada 5 centímetros, maderas con valores superiores o inferiores exhiben características mecánicas poco satisfactorias.

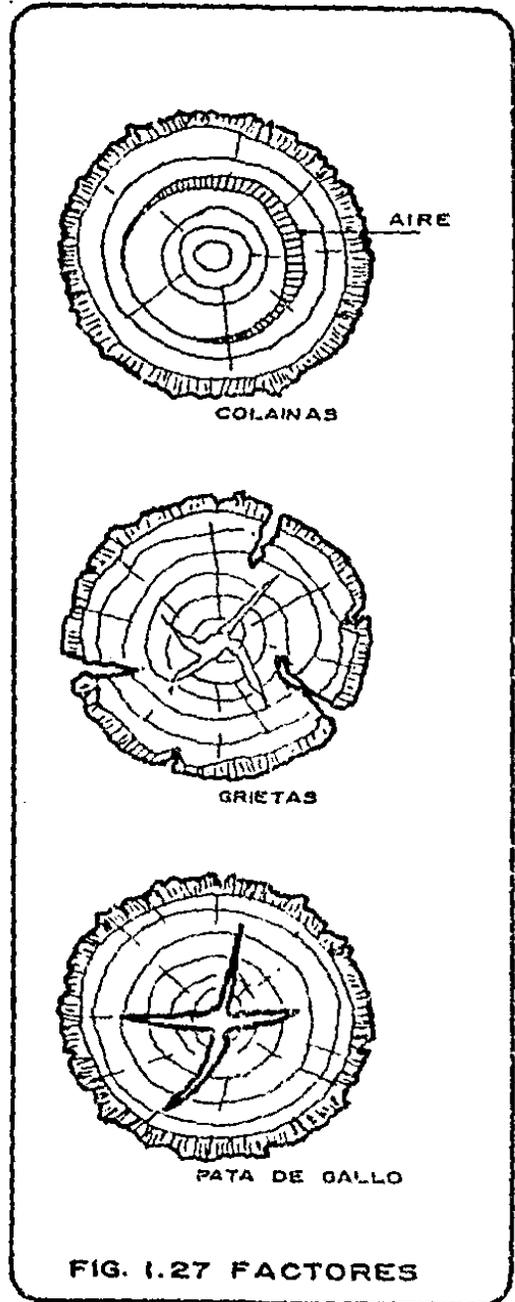
Colainas, acebolladuras o rodajas: son huecos producidos por la separación de dos capas concéntricas, (anillos de crecimiento), sucesivas de fibra leñosa. A veces solo se hace visible en la etapa de secado, suele ser defecto de las heladas del clima. Se dan más fácilmente en maderas ricas en taninos como el Castaño y el encino.

Grietas : son aberturas que se originan de adentro hacia afuera; puede originarse por el exceso de rayos en la madera, si se originan de afuera hacia adentro, se llaman hendiduras y son producto de heladas o frios rigurosos.

Pata de gallo : son aberturas internas en el tronco del árbol dispuestas en ángulo recto o triángulos que se ramifican del centro hacia afuera pero sin exteriorizarse, pueden formarse en los árboles en pie como en el Castaño y roble.

Lunulados : son capas de madera muerta en el interior de árbol, generalmente formando anillos. Es un defecto causado por los frios rigurosos que impiden el desarrollo de la planta, interrumpiendo el paso de la savia por los vasos capilares.

Corazón hueco : se origina por lo general en los árboles viejos y la desecación de su duramen, los anillos se desintegran y desarro-



lla el virus que descompone el corazón.

Corazón excentrico : es una característica que origina irregularidades en la estructura y crecimiento de los anillos. El material de éstos árboles es de estructura heterogénea; es producto de los vientos, el sol y el terreno. Cuando la madera se forma como reacción del árbol entre los esfuerzos anormales que generalmente se presentan cuando el árbol crece inclinado, forma la madera de reacción. Si se tratara de una conifera la madera de reacción aparece en el lado inferior, sometido a compresión (a) y se denomina madera de compresión; en las latifolia- das la madera de reacción se presenta en la parte superior y recibe el nombre de madera a tensión.

La madera de reacción, tiene características mecánicas inferiores a la madera normal, se distingue por su textura peculiar

Nudos : constituyen la característica más común de la madera, cuando el árbol esta en desarrollo, envuelve el arranque de las ramas generalmente desde el duramen, esta madera que rodea las ramas forman los nudos, si sus tejidos son continuos con los del tronco se denomina nudo vivo, cuando la rama muere queda una sección de ésta, que acaba rodeada de los tejidos del árbol y no existe continuidad, así se denominan nudos muertos o nudos flojos, los cuales se desprenden con facilidad cuando la madera es aserrada.

Se pueden considerar como propiedad estética y dependerá del diseño, pero se pueden

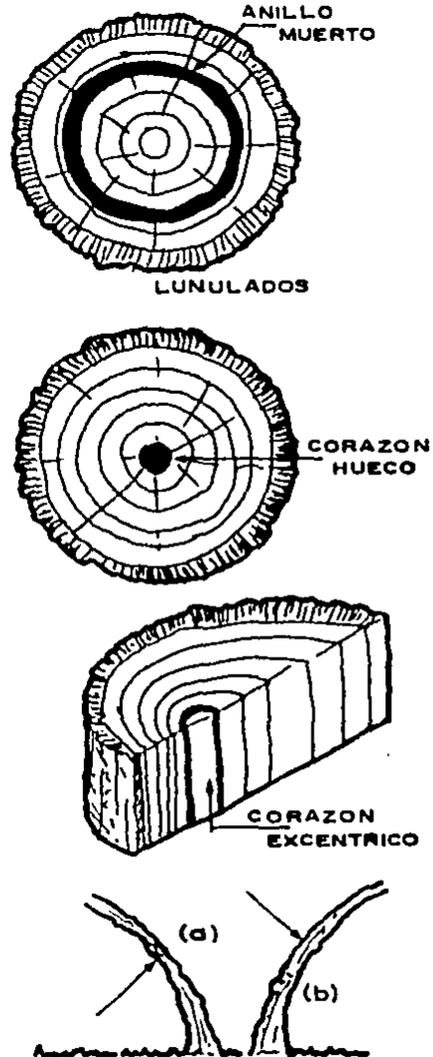


FIG. 1.28 FACTORES

considerar un defecto, si éstos nudos se localizan en piezas estructurales, que están sometidas a esfuerzos continuos, así un miembro sometido a la flexión, los nudos tienen efectos más perjudiciales en la cara que está a tensión que la que está a compresión.

En la figura (1.29). (a), se presenta el nacimiento de una rama, una vez aserrada la madera, tendremos en la pieza 1 un nudo vivo, en la pieza 2, un nudo muerto producido por la poda normal de la rama, no son muy adherentes. Cuando en una especie resinosa se arranca una rama, segrega mucha resina que la preserva de la podredumbre y se origina el nudo de la pieza 3 y en la pieza 4, la encontramos libre de nudos.

Generalmente hay diferencia en la disposición de los nudos, de acuerdo a la especie, en las latifoliadas, forman una línea quebrada o están en desorden y en las coníferas se encuentran en forma horizontal.

La manera de medir los nudos (IV), se representa gráficamente, basados en las especificaciones de la Western Wood Products Association. (WWPA, 1970), en tablas y tablones la media o diámetro promedio de un nudo, se tomará como su tamaño.

Para mayor información, se puede ver la tabla 5 del mismo cuaderno del INIREB, (IV) que especifica el máximo tamaño de nudos bien espaciados, que son permitidos en los bordes de la cara de la madera estructural.

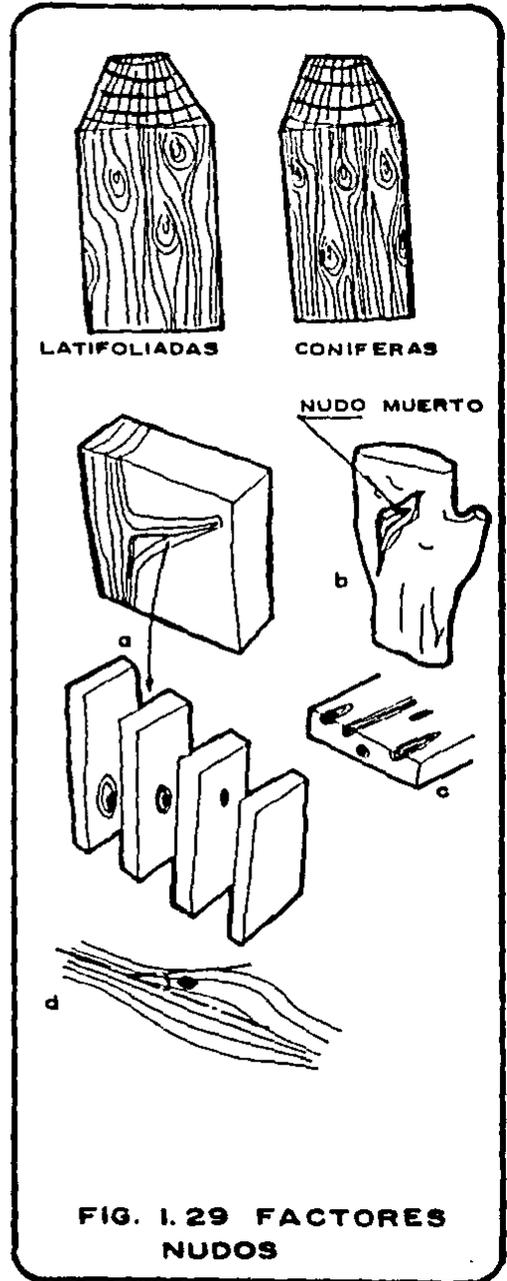


FIG. 1.29 FACTORES NUDOS

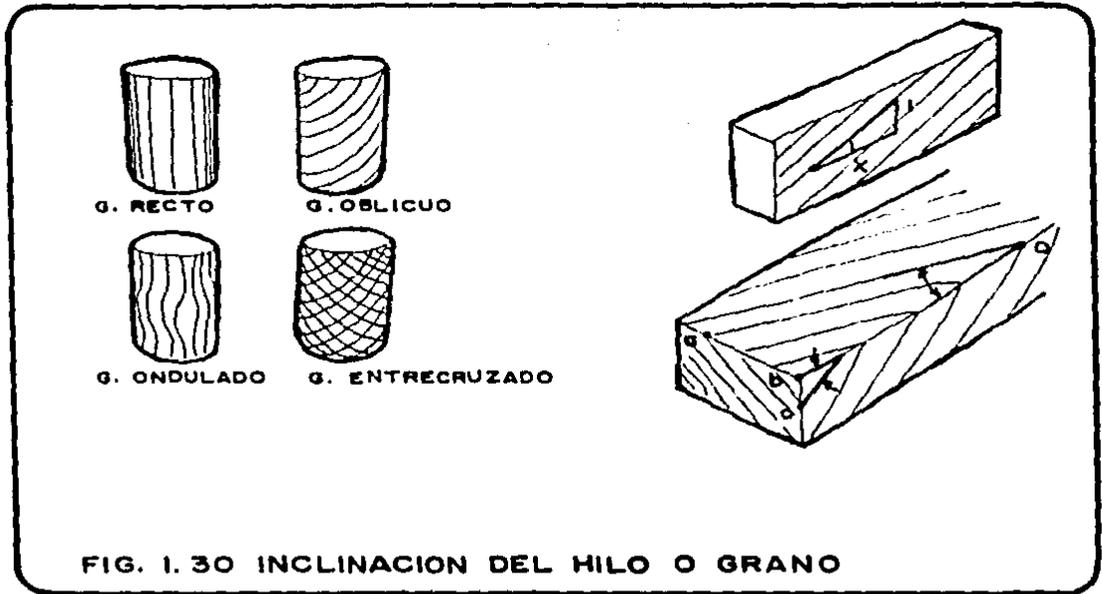


FIG. 1.30 INCLINACION DEL HILO O GRANO

Inclinación del grano o hilo : es la dirección o alineamiento que toman en el plano leñoso los elementos constitutivos, fibras, vasos en latifoliadas y traqueidas en coníferas. Esta dirección puede ser clasificada en relación al eje del tronco como : recto, oblicuo o inclinado, entrecruzado, ondulado e irregular.

El grano o hilo recto, ver figura 1.30, lleva la dirección paralela al eje del tronco, el oblicuo o inclinado va en forma de espiral respecto al eje del árbol, el ondulado va en forma de ondas a lo largo del tallo, el entrecruzado va en varias direcciones no paralelas al eje y se forma por capas alternas y el irregular se encuentra generalmente en los nudos.

La pendiente del hilo en una pieza de madera puede ser resultado de un aserrado diagonal o de la misma disposición de la fibra; la inclinación es medida en forma de pendiente y es expresada, 1 en 8, 1 en 2, etc., en el cual el segundo número (denominador), es la distancia longitudinal en la que ocurre la desviación unitaria del hilo con respecto al eje longitudinal de la pieza. En la segunda pieza de la figura, es necesario considerar la combinación de la desviación de la fibra en los dos planos, tomando la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las desviaciones en cada plano.

$$\sqrt{(ab/ob)^2 + (cb/ob)^2}$$

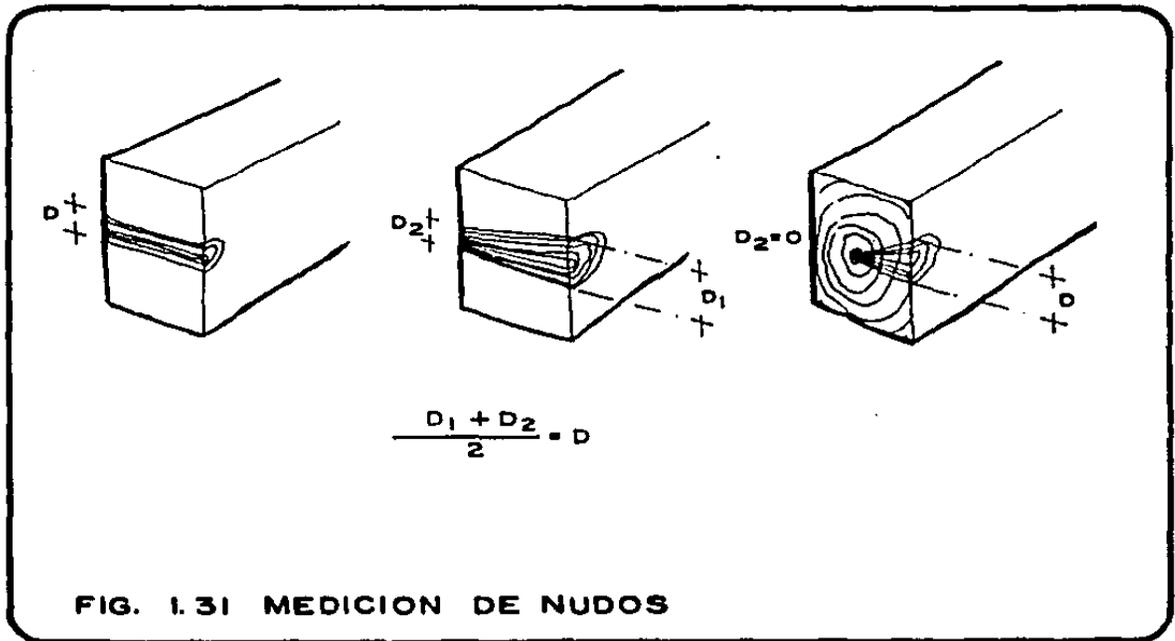


FIG. 1.31 MEDICION DE NUDOS

En la medición de la pendiente de las fibras, se recomienda utilizar una distancia suficientemente grande, sin tener en cuenta desviaciones locales o desviaciones debido a nudos. A continuación se presenta una tabla de clasificación según la pendiente :

GRUPO	MAXIMA PENDIENTE
Selecta	1 en 12
1 calidad	1 en 10
2 calidad	1 en 8
3 calidad	1 en 4

PROPIEDADES DE ALGUNAS MADERAS MEXICANAS

EN CONDICION VERDE		RELACION PA/VV GR/CM3	FLEXION H.de R. Kg/CM2	ESTATICA M.de E. Kg/CM2	M.de R. COMP. // Kg/CM2	ESFUERZO L.FROPOR. COMP. // Kg/CM2	MAXIMO E.CORTAN. // Kg/CM2	DUREZA JANKS PERP.fibr Kg
N. CIENTIFICO	N. COMUN							
Terminata Amazonia	Canshan, Tepesuchil	0,62	741	119000	375	59	107	458
Callophyllum brasilense	Bari, Leche maria	0,57	745	106000	343	50	94	407
Cordia alliodora	Bajon, Hormiguero	0,44	636	90000	284	48	80	363
Hyganea courbaril	Cuapinol, guapinol	0,71	910	129000	408	115	124	893
Lonchocarpus castilloi	Machicho, chaperlo	0,73	1236	160000	511	109	121	787
Simarouba glauca	Pasa ak', pajulte	0,4	442	79800	207	27	55	175
Vochysia hondurensis	Macablanca, apestoso	0,33	390	73000	182	29	50	184
Pinus cooperi	Pino amarillo	0,39	349	89300	124	21	49	154
Pinus duranguensis	Pino blanco	0,46	450	90200	166	30	62	223
Pinus patula	Pino colorado	0,47	407	81000		28	65	240
Pinus montezumae	Chasaite	0,42	330	65000		22	50	200
Pinus lawsoni	Pino ortiguillo	0,51	507	77000				241
C.H.de 12%								
Terminalia amazonia	Canshan, Tepesuchil	0,64	1275	159000	695		147	780
Callophyllum brasilense	Bari, Leche maria	0,57	1040	128000	484	62	146	515
Cordia alliodora	Bajon, Hormiguero	0,44	856	106000	445	58	86	367
Hyganea courbaril	Cuapinol, guapinol	0,71	1364	152000	669	132	174	1066
Lonchocarpus castilloi	Machicho, chaperlo	0,73	1682	181000	862		194	1190
Simarouba glauca	Pasa ak', pajulte	0,4	625	86800	379	42	81	198
Vochysia hondurensis	Macablanca, apestoso	0,33	555	81000	290	31	78	180
Pinus cooperi	Pino amarillo	0,39	872	114000	483	47	86	238
Pinus duranguensis	Pino blanco	0,46	1038	121000	475	63	105	346
Pinus patula	Pino colorado	0,48	965	128000	448	59	102	389
Pinus montezumae	Chasaite	0,42	782	110000	378	45	99	302
Pinus lawsoni	Pino ortiguillo	0,51	850	92000				401

NOMBRE CIENTIFICO	N. COMUN				C.TANG.	C.RADIAL	RELACION	C.VOLUM.
		PA/VV	PSF	C.H.	TOTAL	TOTAL	CT/CR	TOTAL
1	2	4	5	6	8	11	14	15
1 <i>Abies concolor</i>	Abeto,Oyamel	0,36	21	12	5,5	3,88	1,41	11,32
2 <i>Alchornea latifolia</i>	Coton de caribe	0,4	24,5	12	8,51	2,69	3,16	
3 <i>Ainus jorullensis</i>	Aile	0,4	30,02	12	8,2	8,44	0,97	14,3
4 <i>Ampelocera hottlei</i>	Cuerillo	0,64	20,63	16	6,76	5	1,33	11,63
5 <i>Aspidosperma magalocarpon</i>	Felmax	0,8	23,1	12	10,87	6,28	1,73	
6 <i>Astronium graveolens</i>	Jobillo	0,73	19,9	15	7,46	3,8	1,62	11,28
7 <i>Blepharidium mexicanum</i>	Popiste	0,65	34,25	12	14,66	5,66	2,59	
8 <i>Brosimum alicastrum</i>	Ramon	0,63	22,4	19	5,91	4,54	1,41	
9 <i>Bucida macrostachya</i>	Cacho de toro	1,02	20,25	12	8,69	3,94	2,2	13,33
10 <i>Bursera simaruba</i>	Palo mulato	0,45	22	12	5,89	3,21	1,83	
11 <i>Calophyllum brasiliense</i>	Bari	0,55	30,5	21	8,24	5,98	1,38	13,46
12 <i>Cedrela odorata</i>	Cedro	0,36	30,4	20	4,3	3,71	1,15	12,38
13 <i>Cordia alliodora</i>	Bojon	0,55	21,7	12	9,22	4,27	2,16	
14 <i>Cordia dodecandra</i>	Siricote	0,84	17	9	6,77	4,29	1,58	8,7
15 <i>Cymbopetalum penduliflorum</i>	Orejuelo	0,4	35,9	12	12,25	4,46	2,75	
16 <i>Dendropanax arboreus</i>	Sac chacah	0,42	26,55	12	9,16	4,74	1,93	
17 <i>Dialium guianense</i>	Guapaque	0,78	21,73	16	9,1	6,73	1,35	16,14
18 <i>Dipholis stevensonii</i>	guaite	0,97	32,6	12	10,78	5,53	1,95	
19 <i>Guarea glabra</i>	Cedrilla	0,51	22,7	18	6,42	5,22	1,22	10,2
20 <i>Gutteria anomala</i>	Zopo	0,43	25,3	12	9,32	4,33	2,15	
21 <i>Librocedrus decurrens</i>	Cedro blanco	0,36	24,41	12	4,63	2,31	2	7,19
22 <i>Licania platypus</i>	Cabeza de mico	0,62	21,9	16	8,53	6,19	1,4	
23 <i>Lonchocarpus castilloi</i>	Machiche	0,67	21,86	17	7,89	3,62	1,55	12,73
24 <i>Lonchocarpus hondurensis</i>	Palo gusano	0,73	23,9	12	9	4,64	1,94	
25 <i>Lysiloma acapulensis</i>	Tripal	0,52	22,93	17	5,52	3,7	1,52	7,72
26 <i>Lysiloma bahamensis</i>	T'zalam	0,6	22	11	7,24	2,67	2,71	9,47
27 <i>Manilkara zapota</i>	Chicozapote	0,86	28,5	20	5,46	4,65	1,55	15,4
28 <i>Mirandaceltis monoica</i>	chicharra	0,69	21,9	17	7,21	6,26	1,17	13,59
29 <i>Misanteca pekii</i>	Pimientillo	0,65	21,8	12	8,49	5,13	1,65	
30 <i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	Pajutle	0,58	29,36	18	7,64	6,76	1,25	11,73
31 <i>Nectandra sp</i>	Laurel	0,51	26	12	10,3	5,55	1,86	
32 <i>Pachira acuatica</i>	Palo de agua	0,53	29,3	12	12,11	3,85	3,14	
33 <i>Pinus ayacahuite</i>	P.ayacahuite	0,39	24,56	12	8,8	3,28	2,8	11,05
34 <i>Pinus contorta</i>	P.	0,36	29,33	12	6,63	5,43	1,22	10,96
35 <i>Pinus coulteri</i>	P.pina larga	0,42	20,25	12	11,49	10,36	1,11	17,15
36 <i>Pinus douglasiana</i>	Pino blanco	0,45	26	13	8,01	4,17	1,92	11,3
37 <i>Pinus jeffreyii</i>	P.ponderosa	0,38	26	12	5,33	4,57	1,17	11,15
38 <i>Pinus lambertiana</i>	P.	0,35	26,4	12	6,98	4,53	2,33	11,12
39 <i>Pinus lawsoni</i>	P.ortiguillo	0,51	26	12	6,98	4,33	1,61	11,12
40 <i>Pinus leiophylla</i>	P.chino	0,46	25	12	8,27	3,31	2,5	12,62
41 <i>Pinus michoacana</i>	P.lacio	0,45	26	13	7,46	3,65	2,04	11,6
42 <i>Pinus montezumae</i>	P.	0,42	36	12				10,7
43 <i>Pinus patula</i>	Ocote colorado	0,54	26,84	12	9,76	6,21	1,75	10,55
44 <i>Pinus ponderosa</i>	P.ponderosa	0,39	30,55	12	6,63	3,79	1,75	10,67

45	<i>Pinus pseudostrobus</i>	P.	0,45	27,6	12	9,58	7,14	1,24	16,36
46	<i>Pinus quadrifolia</i>	P. pinonero	0,41	28,35	12	5,44	5,47	0,99	11,09
47	<i>Pinus tenuifolia</i>	P.	0,43	29,2	12	7,81	4	1,95	13,64
48	<i>Pinus teocote</i>	P.	0,47	43,4	12				10,65
49	<i>Pinus rudis</i>	P.	0,41	31,34	12	8,06	3,41	2,42	10,66
50	<i>Piscidia comunis</i>	Jabin	0,68	20	11	6,27	3,63	1,73	8,22
51	<i>Pithecellobium arboreum</i>	Frijolillo	0,7	20,6	12	7,82	3,96	1,97	
52	<i>Pithecellobium leucocalix</i>	Guacitan	0,51	21,5	12	6,39	3,11	2,05	
53	<i>Platymiscium yucatecum</i>	Horniguillo	0,61	22,9	14	7,75	4,1	2	11,32
54	<i>Poulsenia armata</i>	Masamorro	0,45	25,3	12	7,58	3,96	2,13	
55	<i>Fouteria campechiana</i>	Kaniste	0,76	26	11	10,57	6,27	1,69	15,14
56	<i>Pseudobombax ellipticum</i>	Amapola	0,35	22	12	5,77	3,02	1,91	7,89
57	<i>Pseudolmedia oxypillaria</i>	Mamba	0,73	25	11	10,78	5,9	1,83	15,27
58	<i>Pierocarpus hayesii</i>	Palo de sangre	0,51	29,35	12	12,54	4,73	2,65	
59	<i>Quararibea funebris</i>	Molinillo	0,47	26,66	18	7,63	5,85	1,09	11,83
60	<i>Quercus acatenanguensis</i>	Encino	0,66	32,8	12	11,02	7,76	1,53	15,75
61	<i>Quercus anglohondurensis</i>	Chiquitinib/mon	0,86	27,7	12	15,66	5,19	3,02	
62	<i>Quercus crassifolia</i>	Chicharron	0,68	33,5		12,42	5,99	1,94	17,94
63	<i>Quercus elliptica</i>	Encino rojo	0,71	38,7	13	14,77	7,55	1,95	20,13
64	<i>Quercus achroetes</i>	Encino blanco	0,67	32	14	15,02	5,6	2,68	20,61
65	<i>Quercus rugosa</i>	Encino roble	0,6	28,5	12	12,53	5,32	2,35	15,64
66	<i>Quercus skinneri</i>	Cobete	1,06	46,5	12	17,34	6,48	2,02	
67	<i>Schizolobium parahibium</i>	Palo judío	0,4	22,84	12	5,58	2,28	1,85	8,93
68	<i>Sebastiania longicuspis</i>	Chechen blanco	0,61	22	12	7,21	3,33	2,17	
69	<i>Sickingia salvadorensis</i>	Chacahuante	0,78	27,4	12	12,33	4,85	2,54	
70	<i>Simarouba glauca</i>	Pasa'ak	0,44	24,1	12	7,88	3,35	2,35	
71	<i>Spondias mombin</i>	Jobo	0,49	29,4	12	8,82	4,66	1,88	
72	<i>Swartzia cubensis</i>	K'atalox	1,05	27,05	12	10,96	8,75	1,25	
73	<i>Sweetia panamensis</i>	chakte	0,87	24,4	12	10,03	5,13	1,96	
74	<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	0,42	27,27	20	6,11	4,27	1,45	9,1
75	<i>Talaua mexicana</i>	Jolmashte	0,55	23,6	12	8,45	4,33	1,95	
76	<i>Terminalia amazonia</i>	Canshan	0,62	27,4	20	6,99	5,28	1,4	13,3
77	<i>Vatairea lundelli</i>	Amargoso	0,56	23,4	12	7,18	4,69	1,53	
78	<i>Vitex gaumeri</i>	Ya'axnik	0,66	20,6	12	8,5	4,1	2,07	
79	<i>Vochysia hondurensis</i>	Haca blanca	0,43	30,7	18	7,66	3,31	1,92	12,2
80	<i>Zuelania guidonia</i>	Trementino	0,7	22,5	12	10,98	3,37	3,26	

NOMBRE CIENTIFICO	N. COMM	FLEXION										
		C.H. DENSIDAD %	Esf. unit. Li.Elast.	Modulo Rotura	Modulo Elastic	COMPRES. // fibra.	COMPRES. fibra en L.de E.	Esf. // fibra	Esf. fibra	Cort. fibra	Cort. fibra	Hendiale Kg/cm de ancho	TENSION // fibra
2	3	4	5	----- KGS/CM2 -----		-----KGS / CM2-----					18	19
				7	8	10	13	14	15	17		
1 Cariniana piriformis	Abarco,Coco	18	0,73	457	972	151824	451	75	101	345	104	1685
2 Cariniana piriformis	Abarco	16	0,72	511	1060	124171	498	100	98	387	104	1559
3 Callophyllum sp	Aceite	22,3	0,6	396	693	126679	446	43	76	278	41	1365
4 Persea loevigata	Aguacatillo	15,5	0,54	413	753	116670	355	54	102			830
5 Ocoteadiscolor	Amarillo de pena	15	0,63	418	716	123502	504	78	122			
6 Persea lauracea	Laurel amarillo	18,6	0,57	512	776	140233	443	59	108	287		
7	Roble amarillo	15,2	0,85	546	1086	135839	540	97	140	540	50	
8	Tainde amarillo	15,4	0,74	575	1024	155637	580	79	89	432		
9	Amusco	14	0,65	313	686	86127	373	96	114	250	35	
10	Arano	18	0,9	404	903	154623	497	91	115	378		
11 Nectandra sp	Arenillo	15,5	0,52	390	636	123410	403	55	71	183		
12 Vochysia duquei	Arracacho	13,4	0,58	395	822	143454	465	57	99	239		
13 Myrcia acuminata	Arrayan	15,9	0,92	413	848	116343	497	135	149	447		
14	Balsamo cope	15,2	1,03	774	1447	194344	861	156	162	653	82	1435
15 Ochroea tomentosa	Balso	26,8	0,5	220	490	85923	266	23	65	191	35	
16	Barcino	13,5	0,49	426	640	109250	439	37	93	158		
17 Callophyllum lucidum	Barcino	16,1	0,73	583	1040	168295	551	61	147	263	53	
18 Combretum laxum	Bejuco	15,2					754	121	144			
19 Chrysophyllum olivaeformis	Cainatillo	26,2	1,11	682	1383	204778	659	152	112	505		

NOMBRE CIENTIFICO	N. COMUN	FLEXION										
		C.H. %	DEMSIDAD	Esf. unit. Li. Elast.	Modulo Rotura	Modulo Elastic	COMPRES. // fibra.	COMPRES. fibra en L.de E.	Esf. Cort. // fibra	Esf. Cort. fibraKg/cm de ancho	Hendie de // fibra	TENSION // fibra
2	3	4	5	KGS/CM2		KGS / CM2					19	
				7	8	10	13	14	15	17	18	19
20 chrysophyllum cainito	Caino	41,6	1,05	410	899	162767	434	81	110	321	47	
21 chrysophyllum cainito	Caino viejo	13,4	0,89	742	1335	209865	666	107	114	323		
22	Caino lloron	19,3	0,71	312	712	89837	394	80	95			
23 Drimys granatensis	Cumbio	19,3	0,62	330	699	92614	382	60	92		47	
24 Copaifera officinalis	Canime	15	0,78	436	1030	146539	550	92	108	363		1254
25 Copaifera officinalis	Canime	15,5	0,76	647	1319	159416	650	79	129		53	
26												
27 Swietenia mahogani	Caoba	14,5	0,57	331	761	91682	447	137	124	285	31	
28 Swietenia macrophylla	Caobano	54,6	0,71	305	609	112208	308	35	71	155	31	
29 Rhinocarpus exelsa	Caracoli	16,9	0,48	331	569	98274	283	32	70	155	32	718
30	Carano	14,8	0,47	377	664	113875	310	40	67	171	41	988
31 Protium caranna	Carano	26,9	0,67	336	689	102787	458	59	88	192	31	751
32 Cochlospermum hibiscoides	Carneasao	15,2	0,82	662	1209	175681	715	108	153	426	54	
33	Carreto	17,4	0,8	562	884	129166	515	116	132	373	62	
34	Cascarillo	18,7	0,85	469	956	141143	514	108	126	407	47	
35 Godoya antioquiensis	Caunce	35,3	1,08	402	928	165301	410	80	147	688		
36 Bombas	Ceiba amarilla	16,4	0,48	223	442	77895	230	34	59	172	24	619
37 Pachira	Ceiba blanca	18,5	0,27	120	219	43926	122	23	30	52	22	278
38	Ceiba	77,5	0,93	351	677	94235	332	62	71	243	36	
39	Ceiba tolu(albura)		0,45	386	610	87500	303	57	39			
40	Ceiba tolu(duramen)		0,63	386	610	87500	306	57	54			
41 Cedrela odorata	Cedro	22,6	0,53	346	660	101200	312	46	86	192	44	
42 Cedrela glaziovii	Cedro cebollo	18,5	0,39	276	506	86443	279	27	60			
43 Cedrela bogotensis	Cedro monde o palosa	20,8	0,53	361	673	83079	317	49	84	162	40	
44 Cedrela odorata	Cedro caoba	17,8	0,48	338	573	83978	314	41	83	140	21	
45 Cedrela odorata	Cedro caoba	16,1	0,47	330	660	105349	373	52	59	203	31	

NOMBRE CIENTIFICO	N. COMUN	FLEXION											
		C.H. X	DENSIDAD	Esf. unit. Li.Elast.	Modulo Rotura	Modulo Elastic	.COMPRES. // fibra.	COMPRES. fibra en L.de E.	Esf. Cort. // fibra	Esf. Cort. fibraKg/cm de ancho	Hendime // fibra	TENSION KGS/CM2	
2	3	4	5	7	8	10	13	14	15	17	18	19	
46	Cedrela odorata	Cedro caoba	17	0,5	249	550	76706	328	58	55	112		
47	Cedrela odorata	Cedro caoba	20,8	0,42	338	521	79861	295	45	68	118	34	
48	Cedrela odorata	Cedro caoba	17,2	0,42	313	603	88081	308	35	48	187	34	
49	Cedrela odorata	Cedro caoba	18,7	0,56	368	714	109718	388	56	80	177	26	
50	Cedrela odorata	Cedro aromatico	14	0,52	435	833	100886	373	69	78		534	
51	Cedrela bogotensis	Cedro morde	12,3	0,51	401	842	95882	473	75	84	191	750	
52	Cedrela odorata	Cedro	18,8	0,45		563		302	38	78	137	33	
53	Juglans Columbiensis	Cedro negro	14,3	0,54	376	736	108053	448	62	71	227	47	
54	Frazieria sericea chryso	Cerezo de monte	18	0,48	318	390	87483	307	52	99	133		
55	Lecythis sp	Guayacan coco,coco	33,6	0,96	358	838	114090	415	73	92	448	81	1205
56	Aniba perutilis	Comino	15	0,71	552	1048	141643	559	88	117	326	67	1153
57	Aniba perutilis	Comino	19,2	0,63	458	826	117886	448	63	87	228	36	
58													
59	Viburnum bonicereas	Comula	13,2	0,75	572	1199	124099	679	133	129	257		1240
60		Carbon		0,52	369	582	117352	405	34	56	98		
61	Myrsine popayanensis	Cucharo	16					352	44	92			
62		chachajo	16	0,62	488	762	118162	457	72	111			
63	Podocarpus densifolia	Chaquiuro	20,1	0,6	316	684	77940	357	49	94	182	30	499
64	laplacea symplocoides	laplChilco	16,1	0,7	323	814	135499	521	70	102	417		
65		Chingale	18,6	0,52	273	555	114219	256	42	49	161	31	1021
66													
67	Vibornum tinioides	Chuguaca,rique	16,5	0,74	379	836	139074	442	52	94	358	70	
68	Vibornum tinioides	Chuguaca,rique	16,3					565	84	90			
69	Astronium graveolens	Diomate	12,5					938	262	113			

NOMBRE CIENTIFICO	N. COMUN	FLEXION												
		C.H. %	DENSIDAD	Esf.unit. Li.Elast.	Modulo Rotura	Modulo Elastic	.COMPRES. // fibra.	COMPRES. fibra // fibra en L.de E.	Esf.Cort. // fibra	Esf.Cort. fibraKg/cm de ancho	Hendmie	TENSION // fibra		
		4	5	7	8	10	13	14	15	17	18	19		
70	Croton sanguifluus	Drago	13,5	0,4	262	392	46085	227		74				262
71	Weinmannia heterophylla	Encenillo	15,2					481	66	93				
72														
73	Weinmannia heterophylla	Encenillo	17,4	0,66	286	684	122113	415		106	397	54	852	
74		Espingo	19,3	0,55	365	652	119384	371	55	67	338	28		
75	Eucaliptus sp	Eucalipto	27,6	1,04	139	502	80309	234	98	131	207	73		
76	Eucaliptus sp	Eucalipto	15					541	111	132				
77	Eucaliptus sp	Eucalipto	20,1	0,65	347	713	98382	364	62	103	245	80		
78		Goma	21,8	0,79	558	950	128934	488	102	131	409	87		
79	Triplaris americana	Guacamayo	17,4	0,73	574	1168	152847	642	79	106	388	39	1158	
80	Eugenia sp	Guayaboleon	17,1	0,8	617	1158	180456	572	83	109	436	49	1486	
81		Guayacan	20,6	0,98	781	1421	207190	716	169	144	557	51	1839	
82	Tabebuia	Guayacan tolvillo						725	168	145				
83	Tabebuia	Guayacan tolvillo	23,8	1	576	99	164724	529	74	106	308	33		
84	zygophyllum arboreum	Guayacan	12,5	1,11	817	1608	157157	854	291	165		75		
85		Guayacan de la cordi	13,4	0,99	892	1545	172390	746	256	138	556	77	1252	
86														
87	arthrosamanea pistaciaefo	Guayacan hobo	13,1	0,65	368	868	116378	542	94	89	227	33	899	
88		Guino	18,4	0,67	346	908	136705	420	73	105	273	81		
89	Mirtus albida	Huesito	41	0,87	377	691	117186	361	46	104	386	52		
90		Hurrapo	14,3	0,55	508	816	98152	448	88	90	223			
91		Iapar	17,9					429	59	92				
92		Jigua	19,7	0,33	204	352	73664	221	19	33		23		
93	Nectandra sp	Jigua negro	16	0,56	345	686	113052	387	60	100	370			
94		Jiguapava	18,7	0,54	345	726	124976	267	32	58	211	22		
95	Ocotea sp	Laurel amarillo	19,8	0,65	395	814	132416	400	59	103	389	48	1009	
96														
97		Laurel	20,2	0,56	336	696	106834	404	48	86	251	30		
98	Aniba sp	Laurel comino	13	0,63	449	855	119777	460	87	111	224			
99	Nectandra	Laurel hediondo	18,2	0,77	550	1043	137903	544	93	117	398	34	1277	

NOMBRE CIENTIFICO	N. COMUN	FLEXION										
		C.H. X	DENSIDAD	Esf. unit. Li. Elast.	Modulo Rotura	Modulo Elastic	.COMPRES. // fibra.	.COMPRES. fibra	Esf. Cort. // fibra	Esf. Cort. fibra	Hendimie Kg/cm de ancho	TENSION // fibra
100	Misnia guianensis	Machare	23,6	0,79	481	799	144972	499	57	76	338	26
101	Misnia guianensis	Machare	15,5	0,69	536	1001	154559	499	51	67	418	35
102	Rizophora mangle	Mangle	19,6	1,12	709	1567	230983	678	139	162	635	
103		Manzano	15,7					475	57	91		
104	Amyris maritima	Marfil, Chaquiro amar	16,2	0,79	559	1157	142926	589	78	106		
105	Amyris maritima	Marfil, Chaquiro amar	22,4	0,84	398	829	125393	571	93	114	414	80 892
106	Callophyllum mariae	Maria	20,1	0,68	465	900	142009	472	63	113	393	41
107	Callophyllum mariae	Maria	17,2						45	94		59
108		Mario	13,2	0,66	520	957	146039	558	68	96	327	569
109	Robinia sp	Matarraton	17,7	0,71	552	975	164039	615	57	81	362	33 1710
110	Carapa guianensis	Mazabalo	29,8	0,62	361	728	130371	410	58	70	239	33 1256
111		Naranjo	20,5	1,13	800	1469	237662	553	100	143	644	51 1854
112		Naranjillo	14,9					362	61	74		
113	Amyris balsamifera	Naranjuelo	15,4	0,86	572	1282	175003	584	143	170	538	101
114	Juglans nigra	Nogal	18,8	0,85	246	601	122341	322	40	83	159	
115	Dyaliantloera	Otobo	14,9	0,57	367	671	105125	427	73	73	182	
116		Paliante	16,9	0,41	294	561	87294	301	43	61	132	29
117	Thibaudia falcata	Pata de gallo	22	0,69	374	632	114525	336	35	94	223	36
118	Thibaudia falcata	Pata de gallo	19,5	0,76	257	633	99243	346	75	111	347	
119	Thibaudia falcata	Pata de gallo						387	59	70		
120		Perillo	20,9	1,13	662	1160	154266	587	172	140	432	60
121	Juniperos virginiana	Pino	15,7	0,49	282	556	63838	356	68	75	205	43
122	Podocarpus taxifolia	Pino hayuelo		0,86	469	753	96364	569	126	167		41
123		Pino romeron	17,3	0,5	336	638	103041	336	58	83	158	

BIBLIOGRAFIA

- (I).-Gurfinkel, G 1973. "Wood Engieneering", Southern Forest Products Associattion, New Orleans, Lousiana.
- (II).-Kollman, FFP, Cote Jr. WA 1968. "Principles of Wood Science and technology" Vol. No.1, Solid wood primera edición. Springer-Verlag. New York Inc.E.U.A.
- (III).-Junta del acuerdo de Cartagena. "Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de la subregión Andina". 1980. Lima, Perú.
- (IV).-Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. INIREB. Laboratorio de Ciencia y Tecnologia de la Madera. LACITEMA. "La madera y su uso en la construcción" Vol. No.2.México 1980.
- (V).-PRAD-REFORT.Junta del acuerdo de Cartagena. "Manual de diseño para maderas del grupo Andino". Lima,Perú. 1984.
- (VI).-Francisco Robles Fernandez, Ramón Enchenique. "Estructuras de madera". Editorial Limusa. México 1983.
- (VII).-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, INIF. Boletín técnico No 4, México 1987.
- (VIII).-Instituto Tecnológico Salesiano. Tecnología de la madera. Ediciones Don Bosco. Barcelona España.

CAPITULO 2 : LA TRANSFORMACION

TRANSFORMACION DE LA MADERA

Inicio del proceso.-

Se asume que el proceso de la transformación de la madera se inicia desde la tala del árbol, pero nos preguntamos, de donde viene la materia prima?, en tiempos no muy remotos, los recursos forestales eran vírgenes pero con la presencia del hombre y su afán de explotación del bosque, tal vez tenía el lema de "corte y salgase", no se habían preocupado por mantener los recursos forestales pese a que la madera es un recurso renovable. Así de ésta forma, se iban devastando los bosques que a la vez generaba una explotación migratoria, como es el caso de América, en E.E.-U.U., en los años 1625 en Fanestown, Virginia, (primeros aserraderos migratorios), el volumen de madera extraída y la cantidad de gente en dicho trabajo dió origen a la vinculación de la madera aserrada con el desarrollo económico y social de dicha nación. La dependencia del hombre por el bosque actualmente es observada fundamentalmente a través de diversos aspectos de orden económico y ecológico; dentro de los primeros se debe considerar que uno de los indicadores más importantes para medir el desarrollo social y económico de las naciones, es el consumo del papel y del auge de la industria de la construcción, los cuales utilizan la madera y productos derivados del bosque, como materia prima; en relación con los aspectos ecológicos, se debe tener en cuenta, el rol desempeñado por el bosque en la regulación del ambiente y protector de recursos asociados, tales como el suelo, el agua y la fauna.

Son ejemplos alarmantes de las consecuencias de manejo inadecuado del recurso forestal, las grandes extenciones erosionadas cuya recuperación implica grandes esfuerzos, las cada vez más frecuentes inundaciones de los valles con la consecuente pérdida de cosechas, infraestructura y en el peor de los casos de vidas humanas, la desertificación de las áreas, la presencia de tolvaneras, etc..

La amplitud del usufructo que el bosque proporciona al hombre, propicia el desarrollo en aspectos forestales, de disciplinas íntimamente relacionadas como la silvicultura, el fomento, protección y aprovechamiento adecuado del recurso. La botánica, ha proporcionado elementos para clasificar y estudiar las características de los árboles; las matemáticas han constituido apoyo para cuantificar el recurso y elaborar planes de manejo; la estadística aplicada, representa un mecanismo para deducir las características de los bosques y los resultados de la investigación; el empleo de computadoras ha permitido obtener ágilmente resultados para controlar aprovechamientos; la cartografía proporciona un mecanismo para representar las áreas forestales; los satélites envían periódica información que permite establecer la dinámica de los bosques etc.

Las actividades más importantes son el manejo y aprovechamiento de las áreas arboladas, suelos forestales y fauna silvestre, así como los trabajos de reforestación, apoyados por investigaciones aplicadas y supervisión de acciones. La adecuada atención de estas actividades implica la participación de los poseedores y propietarios del bosque, del sector industrial y del propio gobierno.

Situación del sector forestal en el país .-

Desde el punto de vista industrial, las áreas forestales proporcionan materias primas para la producción de, madera aserrada, tableros, celulosa, pilotes, postes, resinas, trementina, aguarras, gomas, taninos, colorantes y fibras, etc.

No obstante esta amplia diversidad de productos que es posible obtener de las áreas forestales, la situación actual del sector en el país presenta dos aspectos, en primer lugar, las industrias que se abastecen de esos productos, están trabajando a niveles inferiores a su capacidad instalada por la baja producción de los mismos y en segundo lugar, los poseedores del recurso, que en su mayoría viven en condiciones económicas limitadas y manejan el recurso en forma inadecuada, (prefieren desmontarlo para labores agrícolas y ganaderas, por tener ingresos a corto plazo). Esta situación repercute directamente en el deterioro del sector, porque propicia la introducción de sustitutos de productos forestales y destruye el recurso.

Superficie y clasificación .-

Según información de la subsecretaría forestal y de la fauna, el 70% de la superficie del territorio mexicano, equivalente a 137,2 millones de hectáreas, se consideran terrenos forestales. De éstos, 44,2 millones de Ha, tienen vegetación arbolada, de clima frío y cálido-húmedo; 29,2 son de áreas cubiertas por selvas bajas, mezquitales y chaparrales; 46,3 millones de Ha, cubiertos con vegetación de zonas áridas y semiáridas del país; 16,4 mil. de Ha, de áreas forestales desprovistas de arbolado y 1,1 mil. de Ha comunidades vegetales que habitan lugares pantanosos e inundables. (ver mapa).

La distribución de la superficie arbolada por tipos de vegetación, se presenta en el siguiente cuadro :

TIPO DE VEGETACION	CLIMA	ESPECIES PREDOMIN.	SUPERFICIE MLLS.DE Ha
Bosques de coniferas y latifoliadas	calido y frio	Pino y Encino	29,2
Selvas altas	calido-humedo	Caoba, Cedro rojo y tropicales	2,4
Selvas medianas	calido-humedo	Caoba, Cedro rojo y tropicales	12,6
Superficie total arbolada			44,2

Existencias volumétricas .-

Las superficies arboladas del país sustentan un volumen de madera que se estima en 3.171,2 millones de M3, de los cuales 1.698,7 (53,6%), corresponden a bosques de coniferas y latifoliadas y 434,9 (13,7%) a selvas de latifoliadas, lo que significa que 2.133,6 (67,3%), vegetan en áreas de clima templado y frio. Respecto a los bosques de clima calido-humedo, 721,4 (22,7%) mlls.de M3 se encuentran en selvas medianas y 316,2 (10,0%), en selvas altas, obteniendose en éstas condiciones un total de 1.037,6 mlls. de M3 (32,7%).

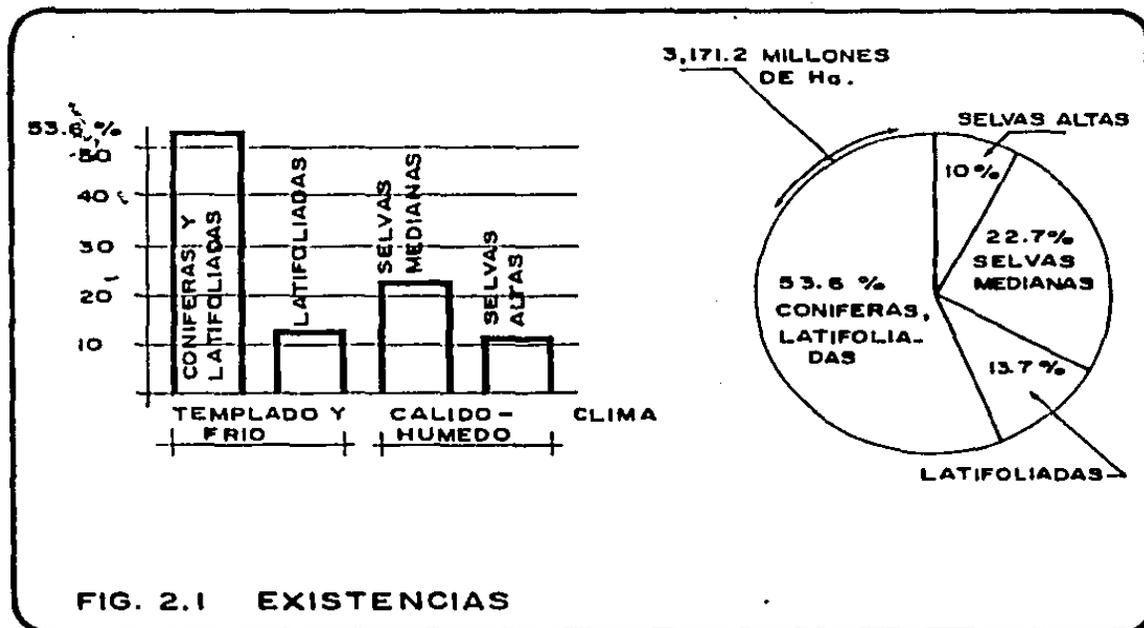
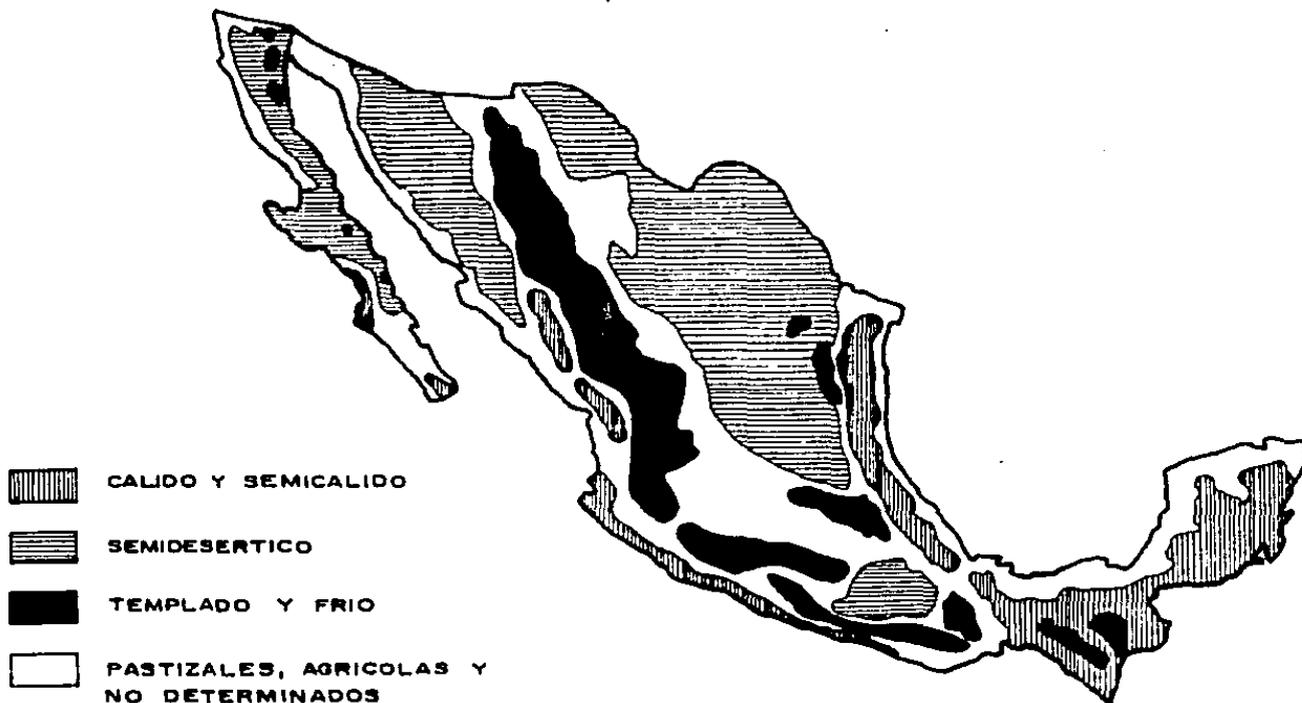


FIG. 2.1 EXISTENCIAS



MAPA 2.1 DISTRIBUCION FORESTAL DE LA REPUBLICA MEXICANA

Potencial maderable .-

El potencial productivo anual que en terminos maderables sustentan la superficie arbolada del pais, se compone del volumen que representa su crecimiento anual y por el volumen adicional posible de aprovechar como resultado de la aplicación de mejores técnicas silvícolas.

Se estima que en las condiciones actuales, el potencial maderable que cada año se puede aprovechar, sin detrimento de la conservación y del mejoramiento del recurso forestal, es del orden de los 56,8 millones de M3 de madera en rollo, de los cuales el 78,7% o sea 44,7 mill.de M3 corresponden al volumen en que cada año crecen los árboles y el otro 21,3% o sea 12,1 mill.de M3, se refiere al volumen adicional que es posible aprovechar mediante aplicación de mejores practicas silvícolas en bosques de coníferas en donde por ahora se tiene alguna experiencia con resultados preliminares.

De acuerdo con los diferentes tipos de climas, especies y composición botánica, ese potencial productivo anual presenta la siguiente composición :

El 87,3%, o sea 49,6 mill.de M3 provienen de bosques de clima templado frio, de este volumen, 40,9 mill.de M3 son de coníferas principalmente de pino, los otros 8,7 mill.de M3 son de latifoliadas principalmente Encino.

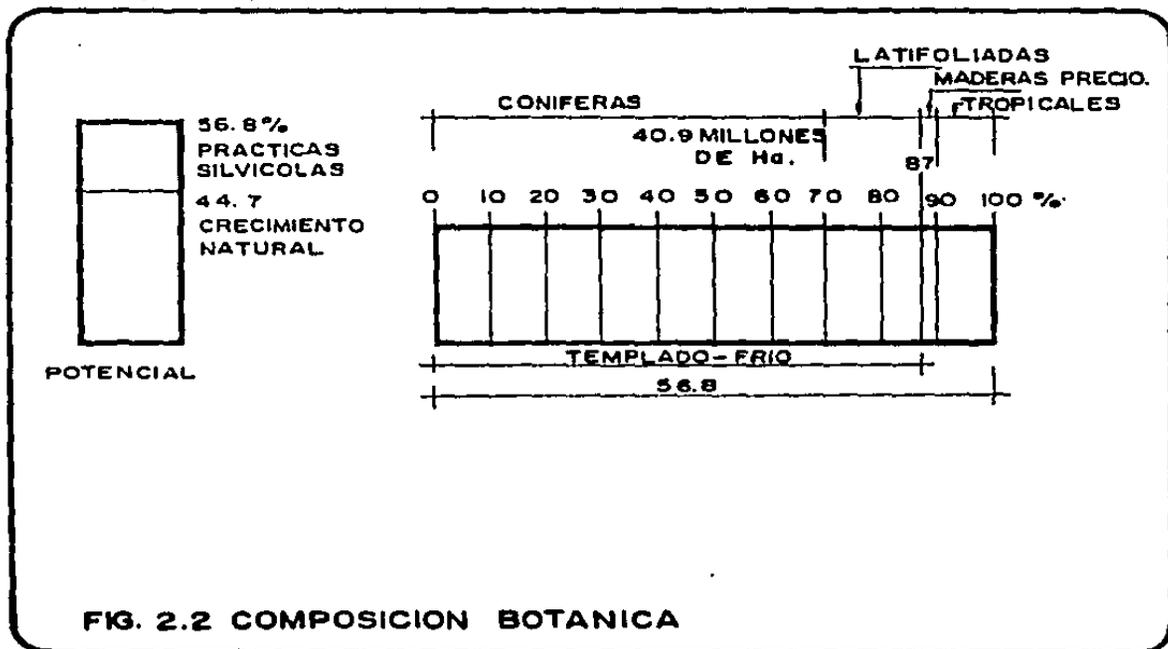
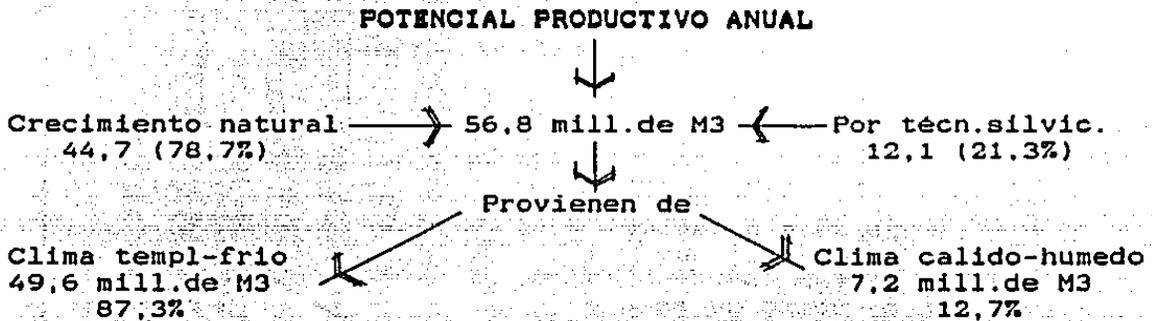


FIG. 2.2 COMPOSICION BOTANICA

Por su parte, las selvas altas y medianas de clima calido-humedo aportan potencial productivo el 12,7% o sea 7,2 mill.de M3 de madera en rollo; de éstos, 2,4 mill.de M3 corresponden a especies de maderas preciosas como el Caoba y Cedro rojo, los otros 4,8 mill.de M3, corresponden a las especies llamadas corrientes tropicales.



Estas cantidades indicadas representan los volúmenes de madera que son posibles extraer sin detrimento del bosque, sin embargo, el volumen extraído anualmente oscila entre un 15% y 20% de ésta cantidad, producción muy por debajo del potencial de éste recurso forestal.

LA MADERA ASERRADA .-

Una vez determinada la importancia de una buena planificación en la explotación del bosque y haber determinado los grandes volúmenes que se pueden explotar sin detrimento de éste, proseguimos con el proceso de transformación de la madera, iniciando con la tala del árbol; el primer paso es la corta de trozas, de donde obtenemos la madera aserrada, que se define como (1) "el producto de la sierra y el cepillo, sin más proceso de elaboración que ser aserrada, reaserrada y cepillada longitudinalmente por una máquina estandar, cortada transversalmente para dar el tamaño y labrado adecuados". En nuestro medio generalmente se comercializa directamente con las trozas o madera solo aserrada, canteada y en el mejor de los casos cabeceada por las puntas.

Aserraderos.- Debido a que ésta etapa de transformación de la madera en si constituye un paso importante y además, genera razones suficientes para conformación de empresas, hay necesidad de mencionarlas pero para profundizar se debe consultar la bibliografía.

Los aserraderos se pueden clasificar sobre la base de la maquinaria utilizada: sierra de mano, sierras en bastidor, sierras

múltiples, sierras circulares y sierras de banda, o sobre la base de su tamaño: grandes medianos y pequeños.

La **sierra de mano**, fué el primer método para producir madera aserrada, estas sierras fueron llamadas sierras de latigo o sierra de fosa. Generalmente la manejaban dos hombres, uno de los cuales arriba, regresando la sierra y el de abajo efectúa la operación de corte, se producía en un día de trabajo de 100 a 200 pies tabla en tablonés o tablas. Este tipo de sierra aun es utilizada en varias partes en razón a su bajo costo de inversión inicial.

La **sierra de bastidor**, fué el siguiente paso, el cual mejoraba el anterior, la hoja de la sierra es montada sobre un bastidor, la parte inferior la podía manejar un hombre o ser adaptada a un brazo de metal operado por una turbina de agua. La parte superior debe operarla un hombre en el mismo sistema que el anterior.

La **sierra múltiple**, fué la sucesora de la sierra de bastidor pues en un principio era un bastidor con varias hojas montadas en él, durante cientos de años la sierra múltiple ha mejorado continuamente y hoy es la herramienta más importante de asierre de trocerías.

La **sierra circular**, fué popular con el advenimiento del vapor como fuente de energía. Las primeras sierras circulares eran de dientes fijos y el mejoramiento más reciente fué el desarrollo del diente, que proporcionó cámaras más grandes para el aserrín, después se

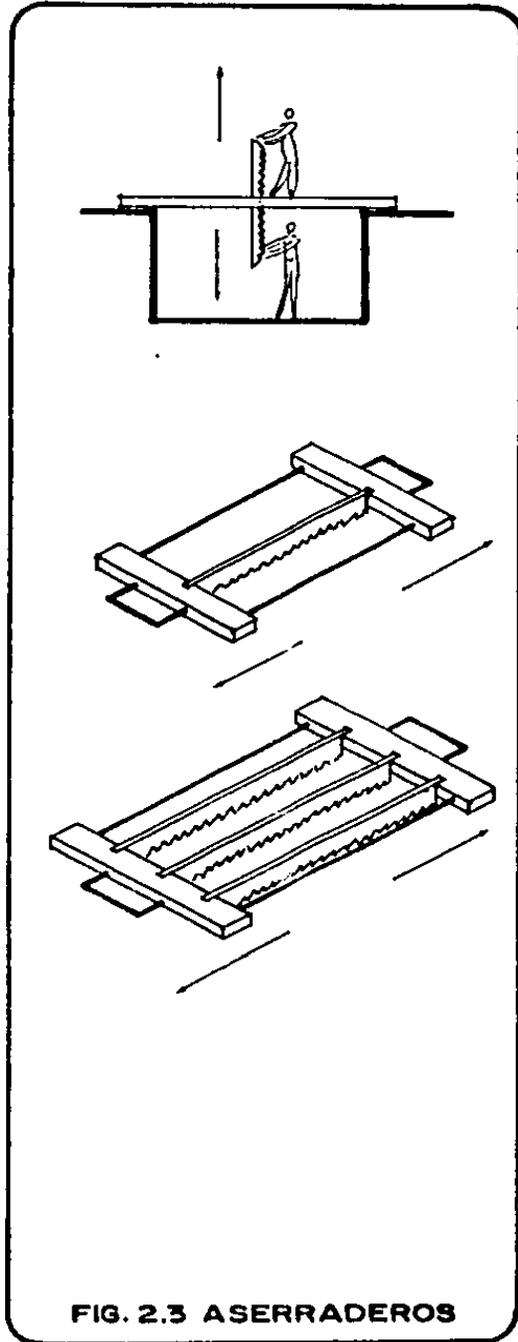


FIG. 2.3 ASERRADEROS

mejoró con dientes removibles.

La sierra de banda, fué inventada en Inglaterra en 1808, entre las ventajas sobre la anterior se mencionan : hace un corte más angosto y más fácil de adaptar para el corte de trozas de gran diametro. La sierra de banda se convirtió en la máquina estandar para el asierre de trozas en los grandes aserraderos.

Respecto al tamaño de los aserraderos intervienen dos factores principales; los recursos financieros de los propietarios y el tamaño, volumen y distribución de los recursos maderables disponibles para la operación.

Existe gran variedad de tamaños de aserraderos, desde los minimos hasta los más grandes capacitados para producir hasta un millon de pies tabla por cada turno de 8 horas. Probablemente no hay otra industria, que tenga una diferencia mayor en inversión financiera, entre las unidades manufacturadas más grandes y las más pequeñas produciendo esencialmente el mismo producto final.

Presento un ejemplo en diagrama de procesos para un pequeño aserradero de banda, indicando el flujo del material, su operación, almacenamiento e inspecciones (III).

Se destacan la cantidad y localización de los puestos de control necesarios para un buen producto. En la parte de la izquierda del diagrama, generalmente se subdivide el proceso, en salidas para la trituradora, salida para material de combustible y salida para materia prima de fabricas de tableros.

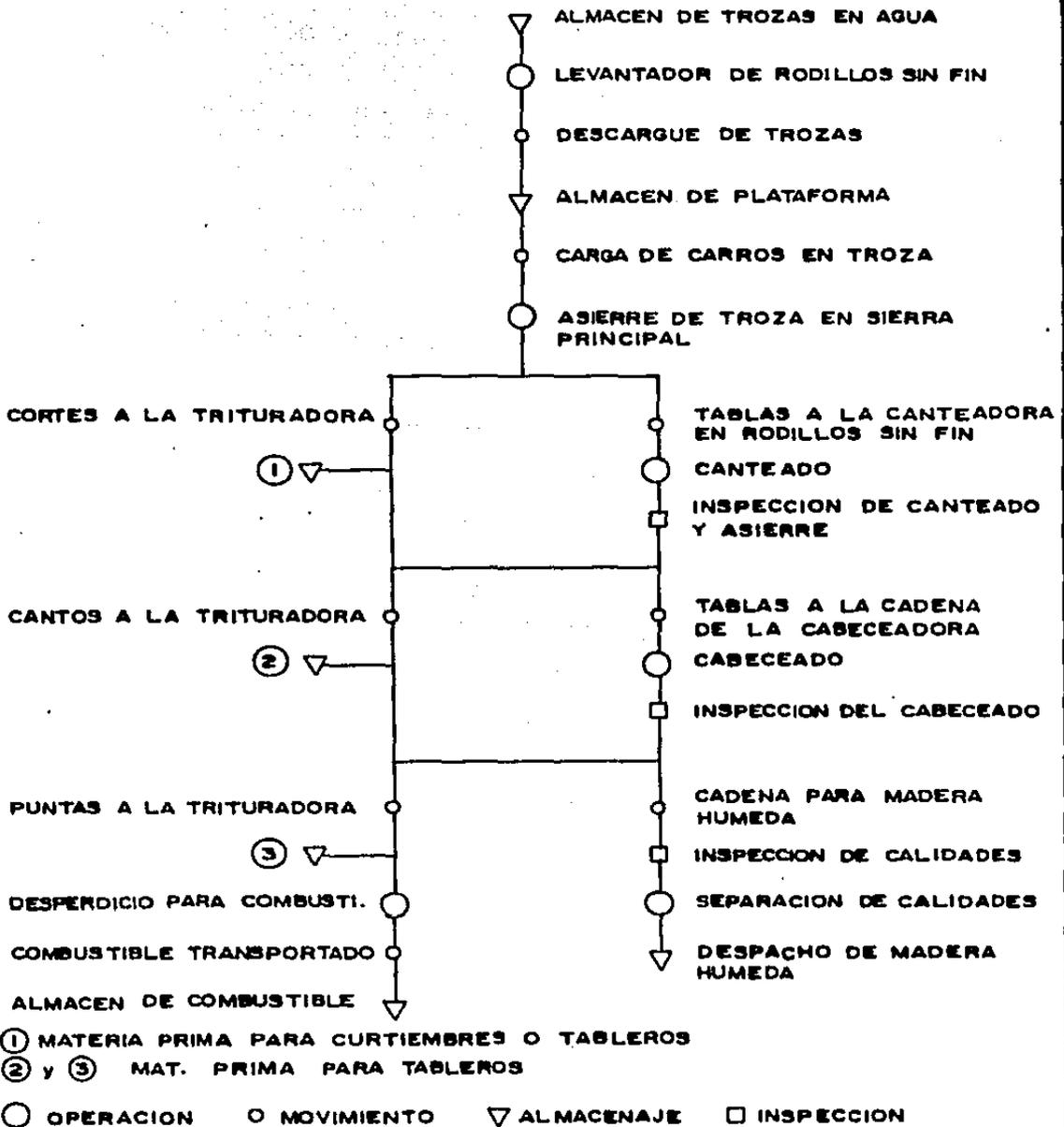
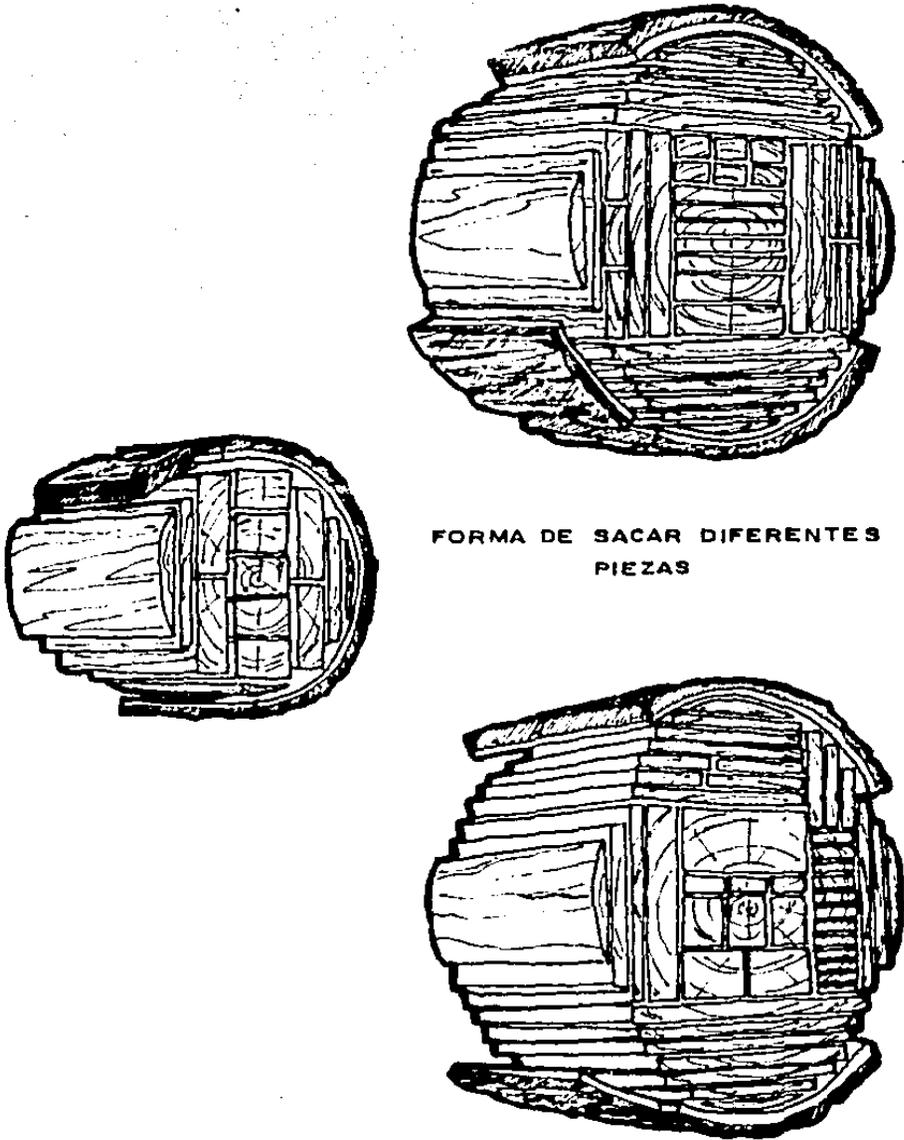


DIAGRAMA 2.1 - ASERRADERO DE BANDA



FORMA DE SACAR DIFERENTES
PIEZAS

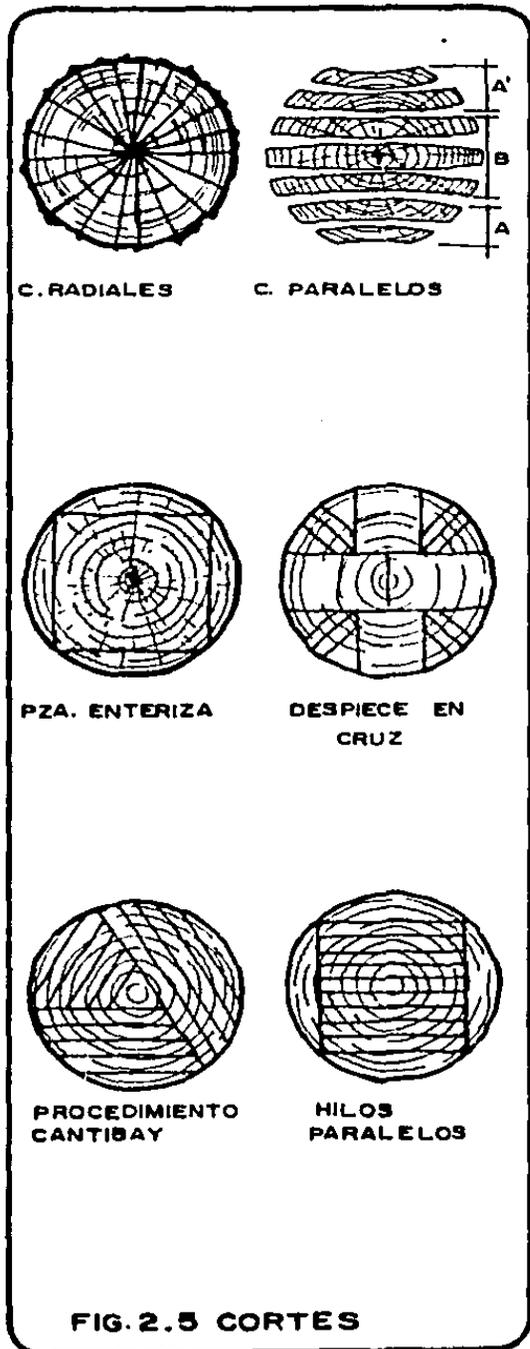
FIG. 2.4 RENDIMIENTO

El paso siguiente al troceado es el asierre de éstas, la variedad de nombres y de dimensiones no se encuentra aun estandarizada y puede ser materia de investigaciones debido a que éstas dependen de las diferentes regiones donde se trabaja ésta material, en el mercado se encuentran basicamente en dos formas, madera sin labrar, en forma de troncos, trozas y madera labrada, aserrada a escuadra en forma de vigas, tablones etc., las primeras reciben varios nombres de acuerdo al tamaño del tronco, diametro y longitud y en su forma original, (madera en rollo, rollo grueso, semigrueso, postes, maderos, pilotes, y en forma de cuadrilatero, cuarterones, madera encuadrada al hilo, madera de sierra, etc).

La madera aserrada, es clasificada segun su utilización en cuatro grupos : a) madera para construcción, empleadas para armaduras, cimbras, puentes, etc. b) madera de trabajo o de ebanisteria, como puertas, ventanas, muebles, etc. c) madera de combustible. d) madera de materia prima para la fabricación de tableros.

Recordamos los principales cortes, el radial, el tangencial y el transversal, éste último generalmente queda en todas las piezas en sus cabezas y los dos primeros generan un corte que es el más utilizado y es llamado corte oblicuo. En el proceso de cortar la troza, se tienen variedades pero desafortunadamente y por causas economicas, predomina la razón de aprovechamiento en cantidad de madera que de calidad. Figura 2.4.

Los cortes pueden hacerse de



varias formas, obteniéndose de cada una, características de la madera aserrada diferentes, de éstos se pueden enumerar los siguientes (figura 2.5):

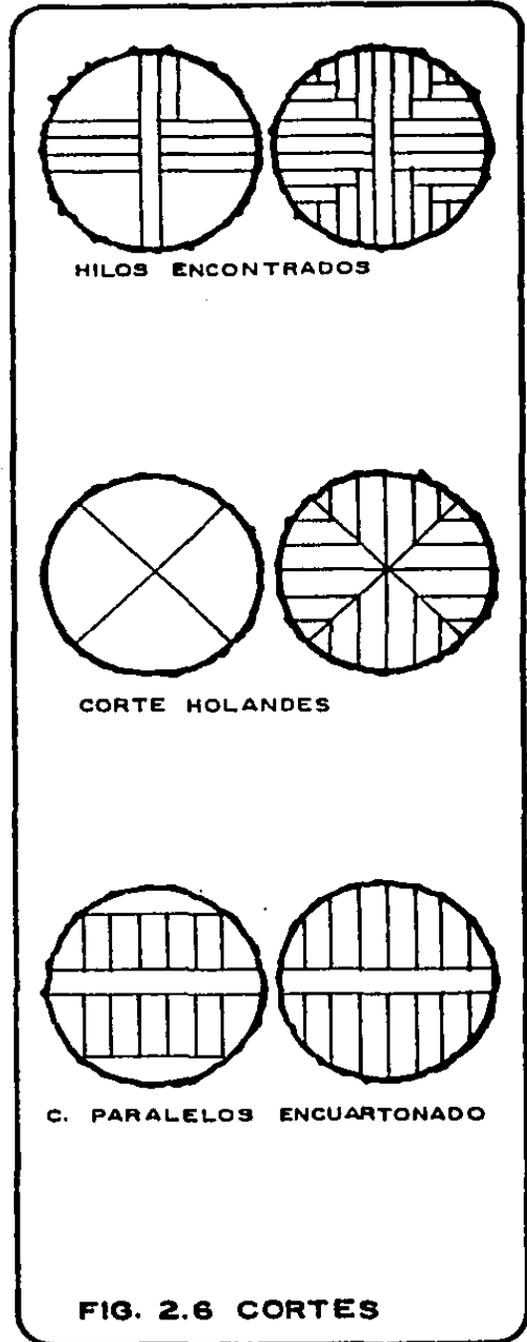
Cortes radiales : se elabora éste tipo de corte para obtener madera que pueda desarrollar mejor sus características y se evita en gran parte las deformaciones de las tablas, pero tiene la desventaja de producir mucho desperdicio.

Cortes paralelos : se obtienen tablones y tablas de toda la anchura del tronco, la pieza central por contener el duramen del árbol se hinde fácilmente y las demás tablas tienden a curvarse hacia la zona periférica, debido a que el centro esta la madera más vieja, compacta y menos porosa, por consiguiente maneja la parte exterior donde es más húmeda.

Pieza enteriza : el rollo se descortezar con la sierra dando hilos perpendiculares entre si, luego haciendo un corte central quedan medias piezas y cortando éstas en cruz se obtienen piezas al cuarto.

La madera de desperdicio es aproximadamente del 30% y de los costeros se pueden obtener piezas más pequeñas.

Despiece en cruz : se obtienen piezas con una estructura más homogénea, el duramen queda comprendido en una madera gruesa.
Procedimiento Cantibay : es muy adecuado para eliminar el duramen cuando éste esta seco y marchito, proporciona tablas anchas con el mínimo de desperdicio. También se utiliza para las maderas preciosas pues los grandes ta-



blones salen de una sola pieza y son muy cotizados. Generalmente da cortes más iguales.

Hilos paralelos ; es el procedimiento empleado para maderas comunes, proporciona tablas de igual dimensión y sin rastro de corteza, pero las tablas centrales tienen el problema de la madera de cortes paralelos, el desperdicio es del 20% al 30%. Se obtienen cortes tangenciales, radiales y oblicuos.

Hilos encontrados ; se van dando cortes en los cuadrantes paralelos al eje del tronco, aunque éste proceso no garantiza el deformado de las piezas si trata de evitarlo.

Corte Holandes ; sobre los primeros cuarterones se hacen los cortes radiales, es el más racional para obtener tablas evitando el alabeo y aprovechando

las características fisicomecánicas de la madera, representa un desperdicio considerable pero su uso es garantizable para maderas estructurales.

Hay algunas variantes de éstos cortes como el presentado en la figura semejante al de los cortes paralelos proporciona tablas de menor anchura pero menor porcentaje de abarquillamiento. Se obtienen cortes oblicuos y radiales.

En la figura 2.6, se presenta otra variante llamada despiece encuartonado, primero se cortan las tablas del corazón y luego se obtienen las tablas llamadas correas, en cortes radiales y oblicuos.

El escuadrado o subdivisión de la madera, se hace según su dimensión de su sección recta, la cual se llama ancho y la dimensión menor se llama grueso, de éstos cortes provienen las vigas, viguetas, tablones, tablas, etc.

Según la figura 2.7 (A) se está cortando al hilo por el plano o cara y la figura (B), se corta por el canto.

Las dimensiones, como la nomenclatura en algunas partes está normalizada, pero en la gran mayoría aun se comercializan las piezas solo por su volumen como madera sólida.

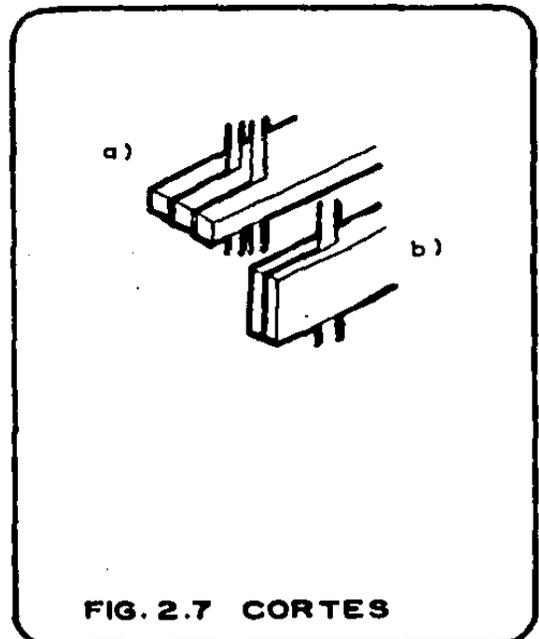


FIG. 2.7 CORTES

Para la comercialización se tiene la unidad de medida, practicamente estandarizada en algunos paises, el pie cuadrado o pie tabla madera, (PTM) en otros se maneja el metro cubico. En México se emplea el primero de ellos que equivale a una pieza cuadrada de 12 pulgadas de lado (1 pie) y 1 pulgada de espesor.

El pie tablar equivale a $(30,48)^2 \times (2,54)$, .o sea 2360 cm³.

Un metro cubico equivale a 424 pies tablares y para cubicar una pieza de madera se sigue la siguiente formula :

$$VOL = [B (cm) \times H (cm) \times L (cm)] / 2360$$

El volumen ahora con la norma internacional de medidas adoptada por todos los paises es dado por el sistema metrico decimal o sea en cm³ o m³.

El método que se utiliza comunmente es :

(GRUESO X ANCHO X LARGO) / 12, es decir, una pieza que tenga, 1" de grueso, 12" de ancho y 8' de largo se cubicará :
(1 X 12 X 8) / 12 = 8 PTM.

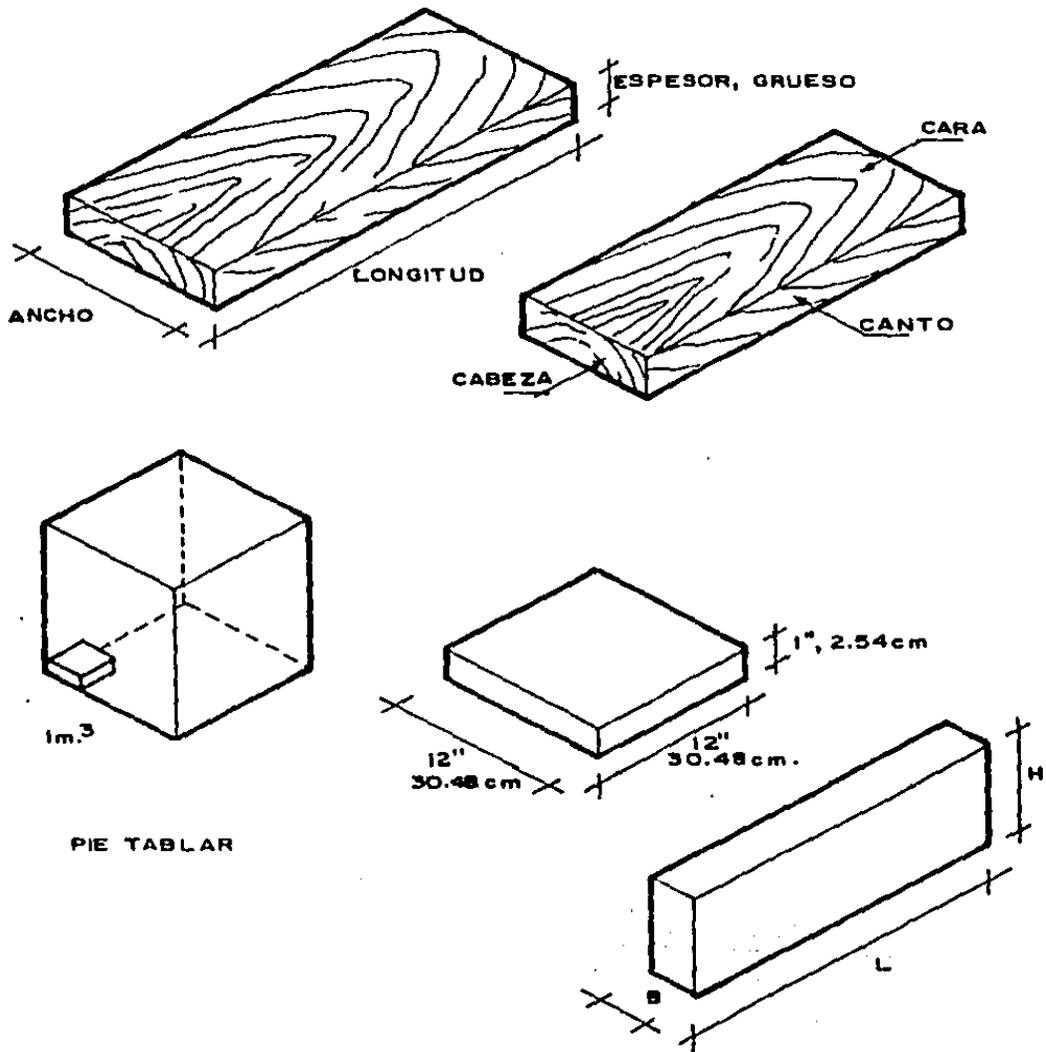


FIG. 2.8 DIMENSIONAMIENTO

Así mismo se ha tratado de unificar la dimensión de las piezas entre otras por las siguientes razones :

- a) Adaptabilidad al mercado actual.
- b) Facilidad de obtener unas piezas en función de otras.
- c) Eficiencias estructurales.
- d) Satisfacer la necesidad de contar con un número adecuado de escuadrias, para construcción de viviendas y construcciones pequeñas que puedan normalizarse a través de la aceptación de los usuarios.

Según un estudio realizado por PADT-REFORT, Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico, en el área de recursos forestales tropicales, en 1984, se establecen las secciones preferenciales, teniendo en cuenta una de las razones principales, (b), facilidad de obtener piezas en función de otras.

Las piezas según su dimensión de escuadria, toman diferentes nombres que también deberían de estandarizarse, tal como vigas, viguetas, tablonés, tabla burra, listones, listoncillos, hasta chapa. Presento un cuadro de dimensiones reales y sus equivalentes comerciales ya que el paso de dimensionamiento por el sistema Europeo en pies no ha sido tomado en el sistema internacional en el sistema métrico decimal.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

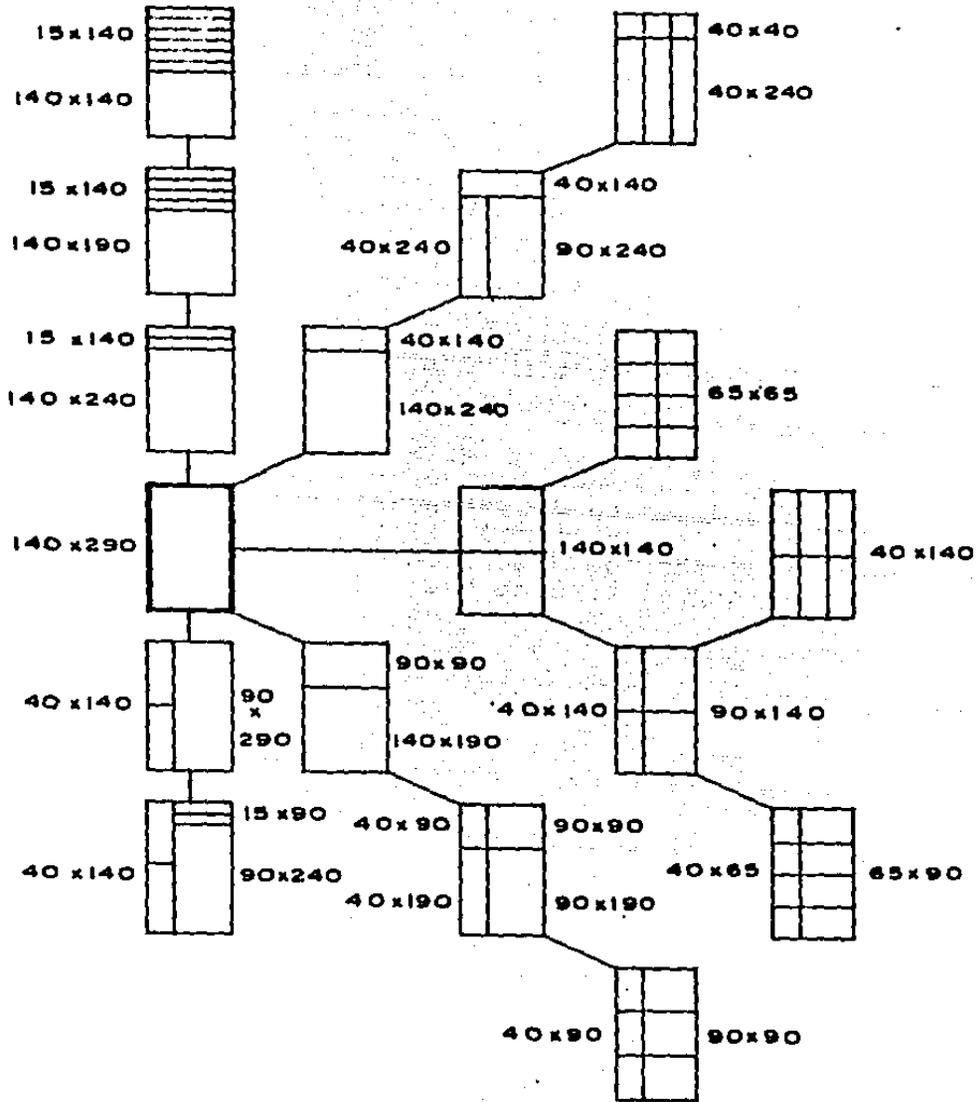


FIG. 2.9 SECCIONES PREFERENCIALES

DIMENSION REAL		EQUIVALENTE COMERCIAL	
B X H (cm)		B X H (pulgadas)	
ANCHO X GRUESO		ANCHO X GRUESO	
4 X 4	.....	2 X 2	
4 X 6,5	.....	2 X 3	
4 X 9	.....	2 X 4	
4 X 14	.....	2 X 6	
4 X 16,5	.....	2 X 7	
4 X 19	.....	2 X 8	
4 X 24	.....	2 X 10	
6,5 X 6,5	.....	3 X 3	
6,5 X 9	.....	3 X 4	
9 X 9	.....	4 X 4	
9 X 14	.....	4 X 6	
9 X 19	.....	4 X 8	
9 X 24	.....	4 X 10	
9 X 29	.....	4 X 12	
14 X 14	.....	6 X 6	
14 X 19	.....	6 X 8	
14 X 24	.....	6 X 10	
14 X 29	.....	6 X 12	

Se considera que 1" teorica o comercial, con el objetivo de estandarizar, puede equivaler a 2 cms. de espesor, aunque estas piezas deben obtenerse cortando otras mayores directamente a esta dimension, y no por subdivision de escuadrias, por ejemplo, de 4 cms., ya que por el corte y cepillado se obtendria una dimension menor de 2 cms.

PRODUCTOS PREFABRICADOS DE MADERA .-

Los productos prefabricados con base en la madera se pueden clasificar en tres grandes grupos : (I) tableros contrachapados, (II) tableros de particula y (III) tableros de fibra.

I.- Contrachapados ; son los compuestos por laminas o chapas de madera, aglutinados en forma de hojas para simular madera solida. Estos tableros reciben su nomenclatura segun el numero de capas que tenga el panel, generalmente se denomina el primero y despues se señala el numero de capas, por ejemplo, triplay de 5 capas o triplay de 1 cm., si se utiliza su dimension, figura 2.10.

Las capas de madera se juntan en numero impar y cada una con la direccion de la fibra dirigida alternadamente, por lo tanto forman angulo de 90 grados. Las fibras de las capas exteriores quedan en igual direccion y son llamadas caras. En el mercado se encuentran tableros de una y/o dos caras limpias, es decir se entiende por limpio, el acabado fino de la cara. En el interior, las capas son generalmente de madera blanda y la central es de mayor dimension y toma el nombre de corazon o centro.

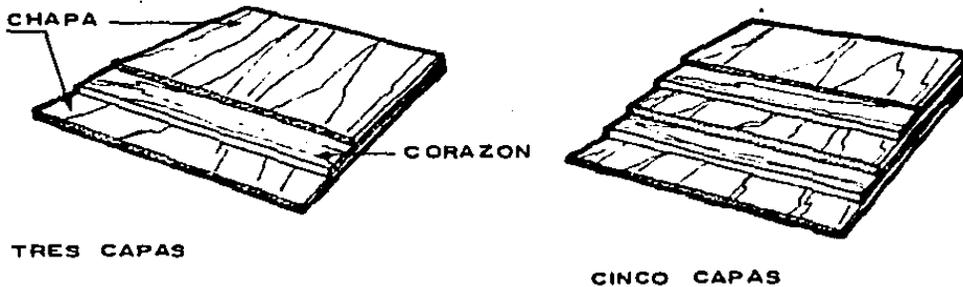


FIG. 2.10 CONTRAPLACADOS

El tablero contrachapado, se fabrica para usos en ambientes interiores o exteriores, éste último está unido con adhesivos a prueba de agua y humedad y pueden ser utilizados en condiciones severas de interperismo o en construcción como formas para cimbras.

El contrachapado se fabrica en diferentes espesores que varían de 3, 6, 9, 12, 16, mms etc., su ancho está estandarizado para puertas de 76, 91 y 122 cms, con longitud de 213 cms, el resto de tableros son de 120 X 213 o 244 cms. Estos tableros tienen alguna ventaja respecto a la madera sólida como, su alta resistencia mecánica, su similitud de resistencia en el sentido longitudinal y transversal, mayor estabilidad dimensional, facilidad de trabajo y manipulación, y la posibilidad de emplear maderas blandas y marginadas de especies de rápido crecimiento. Los defectos más comunes en las caras son los nudos, manchas, rajaduras de la fibra, parches, mala calidad de la madera y defectos de fabricación, (baja calidad de los adhesivos, levantamiento de capas, etc.).

La materia prima para la elaboración de tableros contrachapados es la chapa de madera; existen dos procesos principales para obtener este producto a partir de la troza: a) por rotación, se extrae la troza del depósito de madera en agua y se coloca en una máquina semejante a un torno, el cual se encarga de hacer la

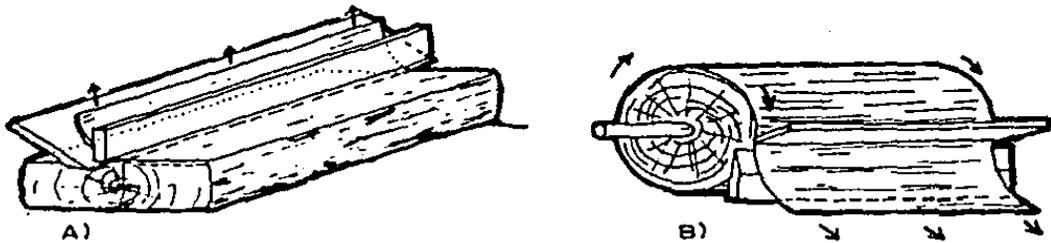


FIG. 2.11 PRODUCCION DE CHAPAS

rotación del tronco, después se le acerca la cuchilla continuamente para hacer el corte según la figura 2.11 (b), y la chapa sale en forma de tela sin fin (longitudinalmente), hasta que el tronco quede en la mínima dimensión aceptada por la máquina.

Esta lámina sale a la cadena de producción que pasa por el horno de secamiento y posteriormente a la etapa de cortado final. Este tipo de chapa no produce un dibujo atractivo puesto que se cortan los anillos de crecimiento tangencialmente, y por consiguiente su uso no se recomienda para dejarlo a la vista, generalmente forma la capa exterior del contrachapado no limpia.

b) por **rebanada o tajada**, cuyo proceso también se inicia sacando la troza del depósito de madera en agua y colocándola en una máquina que la fija para que posteriormente pase la cuchilla según la figura 2.11 (a), de manera horizontal y con movimiento de vaiven.

Las laminas son conducidas al proceso de secamiento y como las rebanadas no tienen un tamaño definido, porque dependen de la dimensión del tronco, son unidas a tope, ya sea con hilo o cinta adhesiva y luego cortadas a un tamaño estandar.

Este proceso si deja ver la veta de la madera, logrando unos dibujos atractivos, razón por la cual se recomienda para acabados finales.

En la industria del mueble es muy importante tener en cuenta la

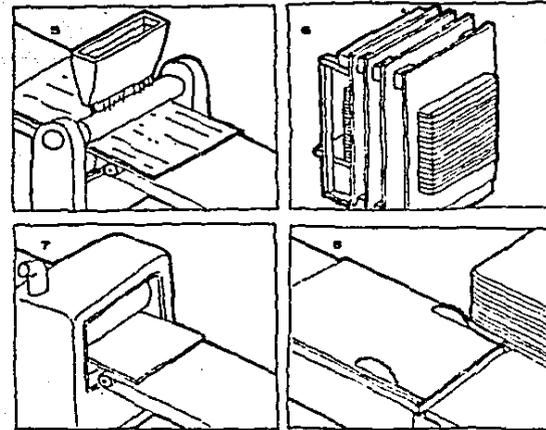
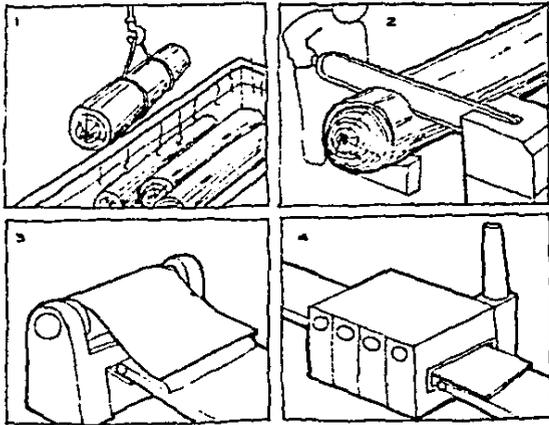


FIG. 2.13 PRODUCCION DE CONTRACHAPADOS

calidad de la chapa, deben ser suaves y sólidas, estar libres de defectos tales como grietas, pudrición; los nudos deben estar contemplados en el diseño o seleccionar las chapas con ausencia de ellos.

Los elementos contrachapados también se pueden fabricar en formas curvas, el proceso cambia en las prensas, las cuales deben de tener la forma deseada. Entre otros aspectos, la buena calidad de una pieza doblada dependerá de: la humedad de la chapa, el pegamento, la fuerza y tiempo de presión, el grado de temperatura etc. (IV).

II.- Tableros de partícula ; son fabricados principalmente con partículas de madera, aglomerada con adhesivos (usualmente urea formaldehído), con aplicación de calor y presión, ver figura 2.13.

La materia prima es principalmente, residuos de otros procesos, tales como desperdicios de madera originados de la silvicultura, troncos pequeños, ramas, retal de sobrante del aserradero y de fábricas que trabajan la madera, virutas etc.; este material es convertido en astillas y después es secado hasta alcanzar una humedad de 3% a 5% aproximadamente, luego es mezclado con aglomerantes adhesivos y aditivos que mejoran la calidad del tablero, necesitando materia prima en proporciones de 2,5 a 3,0 M3 de partículas sueltas por M3 de tablero y el contenido de adhesivos es aproximadamente de 9% a 12% del peso seco de las partículas. (V), Esta mezcla es transportada a la máquina conformadora donde es moldeada en dos capas de material fino y la interior de material grueso. Los tableros son comprimidos con base en una prensa, calor y humedad determinados, posteriormente lijados y dimensionados según las normas y finalmente almacenados y acondicionados de tal forma que logren una distribución uniforme del CH, evitando posibles alabeos, Figura 2.13.

Tipos de tableros ; se pueden distinguir en general por su método de fabricación o por su densidad. Según el método de fabricación existen dos tipos : a) Prensado a plano, que es el más adecuado para la industria del mueble, pueden tener una o varias capas, las exteriores son de mayor calidad y más homogéneas en tamaño y forma, las partículas tienden a seguir la dirección paralela a los planos exteriores, b) Prensado por extrusión, generalmente utilizado en la industria de la construcción, ver figura 2.13, las partículas del tablero tienden a ser perpendiculares a las superficies exteriores y logran una mayor resistencia, generalmente se recubren con una chapa fina de madera. por su densidad se clasifican : a) de baja densidad, (0,25 a 0,40g/cm³) o (hasta 400 Kg/M³), utilizados como paneles aislantes o como alma de otras piezas con el fin de reducir su peso. b) de densidad media, (0,40 a 0,80 g/cm³ o de 400 a 800 Kg/m³), - constituyen la mayor parte de los tableros de partículas, emplea

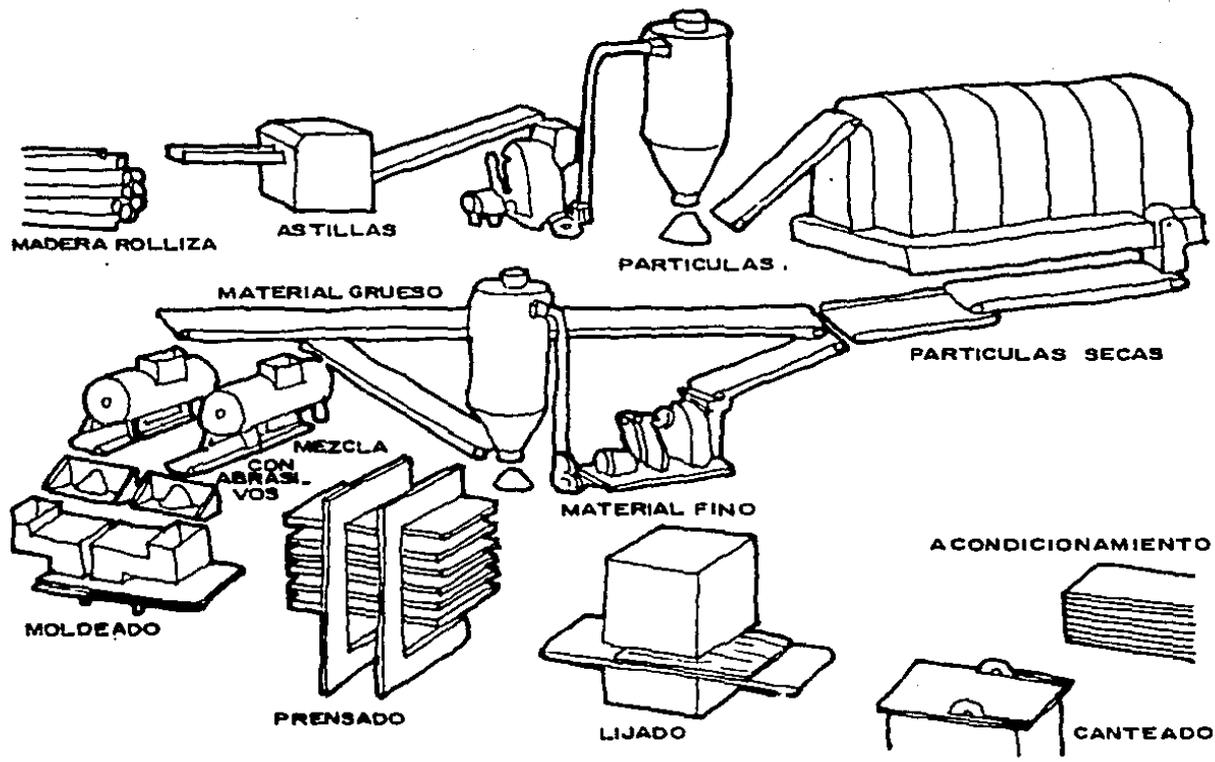


FIG. 2.13 TABLEROS DE PARTICULAS
 PROCESO DE PRODUCCION

dos en la industria del mueble y de la construcción y c) de alta densidad (mayor de 0,80 g/cm³ o de 800 Kg/m³).

Los tableros de partículas se deben utilizar en ambientes interiores porque tienden a descomponerse en contacto prolongado con la humedad y no recomendados para usos estructurales puesto que se desintegran con el tiempo frente a una carga con larga duración. Como ejemplos presentamos, (VI), los datos de los valores relativos a tableros de partículas tipo, fabricado en Finlandia, con madera de abedul finlandes y con una densidad de 650 Kg/m³ :

CARACTERISTICA	VALORES
Resistencia a la flexión.....	180 - 250 Kp/cm ²
Resistencia a la tensión (dirección del plano)...	80 - 120 Kp/cm ²
Resistencia a la tensión (perpendicular al plano).	3 - 8 Kp/cm ²
Resistencia a la extracción de tornillos en la superficie.....	6 - 10 Kp/mm
Resistencia a la extracción de tornillos en el borde.....	4 - 7 Kp/mm
Madera maciza (abedul finlandes)	
Resistencia a la flexión.....	1300-1600 Kp/cm ²
Resistencia a la tensión (dirección de la fibra).	1200-1500 Kp/cm ²
Resis. a la tensión (perpendicular a la fibra)...	60- 80 Kp/cm ²

* Kp = Kilopounds.

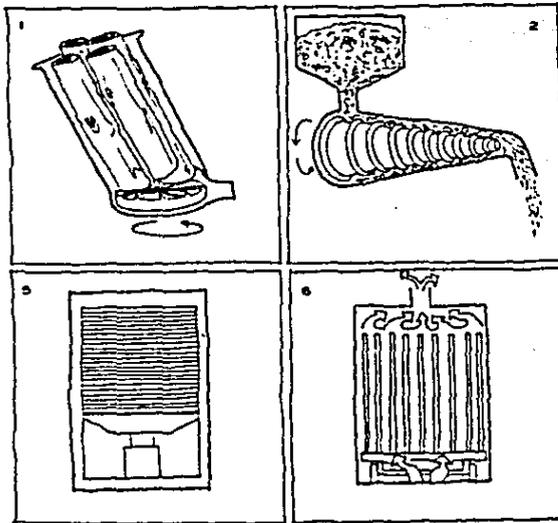
Notamos en este cuadro la baja resistencia en los bordes del tablero que son sus partes más débiles y por lo tanto, se recomienda clavar o atornillar utilizando herrajes de refuerzo, por otra parte, para recubrirlos (enchaparlos), se recomienda reforzar los bordes.

III.-Tableros de fibra : este tablero es construido con base en materiales fibrosos, como la pulpa de madera y desechos de papel.

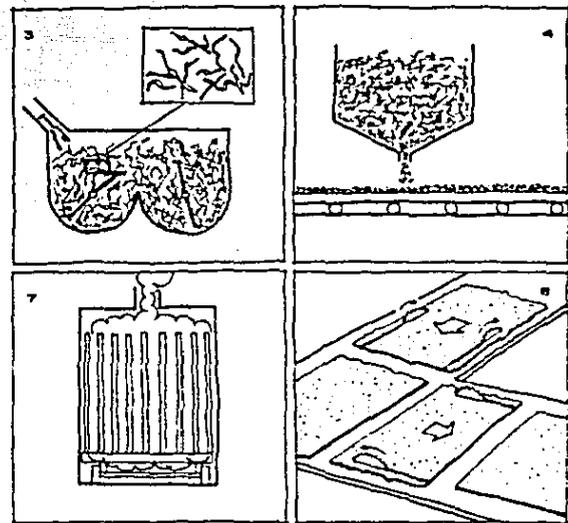
En la fabricación de tableros de fibra se utiliza el proceso humedo, la madera de troncos, ramas y residuos, son convertidos en astillas por medio de un molino, y éstas pasan a través de una desfibradora que por acción mecánica y vapor de agua se reducen a fibras.

La pulpa producida se diluye en agua y son agregadas sustancias químicas que homogenizan su calidad e imparten resistencias tales como a la absorción de agua en el producto terminado. Después la pulpa se translada a la máquina formadora, donde se constituye una lámina continua pasando por el prensado caliente, una vez prensada es acondicionada por medio del secado y luego cortadas en dimensiones estandar.

Estos tableros se clasifican según su método de fabricación, su utilización y su densidad. Por su fabricación se dividen en dos grandes grupos, prensados y



- 1) ASTILLADO
- 2) DESFIBRADO
- 3) PRENSADO
- 4) SECADO



- 3) AGUA Y SUSTANCIAS QUIMICAS
- 4) MOLDEADO
- 7) VAPOORIZADO
- 8) PRODUCTO FINAL

FIG. 2.14 PRODUCCION DE TABLEROS DE FIBRA

no prensados, los primeros se fabrican por varios procesos : Humedo, Humedo-seco, (utilizando agua) , Seco y En seco, (utilizando aire), siendo éste último el proceso menos contaminante. Con éstos procesos, se fabrican tableros duros y medios de 2,0 a 3,0 mms. de espesor, con una gama de densidades de 600 a 1200 Kg/m³.

Los tableros no prensados, figura 2.14, se fabrican con proceso en humedo, que comprende el paso de las fibras por agua y luego sometidas a un proceso de secamiento, se obtienen tableros blandos de 9 a 32 mms. de espesor y densidades de 250 a 350 Kg/m³.

Por su utilización se dividen en dos grupos, para la fabricación y para la ebanisteria. (fabricación de muebles), esta última en razón a su homogeneidad y a sus propiedades especiales, principalmente los duros y los medios, con características comunes como, tipo de superficie, facilidad de trabajo, pequeñas tolerancias, resistencias a ciertos esfuerzos, estabilidad de forma y dimensiones, resistencia al choque, los tableros medios con características específicas respecto a : retención de tornillos, aislamiento termico y acustico, resistencia a la humedad. (ver V pag.62).

Segun su densidad, que es la base de la actual clasificación internacional, de acuerdo a las normas ISO, se dividen en tres grupos :

TIPO DE TABLERO	DENSIDAD K/M ³	ESPESOR MMS.
Tableros duros	>800	2 a 8
Tableros medios	>350...<800	6 a 30
Tableros blandos	<350	9 a 32

Esta amplia gama de densidades, permite elegir el tipo adecuado para determinado propósito, en la industria del mueble se utilizan principalmente los duros y los medios con una densidad relativa de 0,65 y 1,20. El tablero blando se emplea como aislamiento o como decoración.

En Mexico se encuentra la primera planta exportadora de America Latina de este tipo de tableros, fabricado en forma continua (sistema de extrusión) que permite la verastilidad en el largo de los tableros. Estos productos pueden recibir acabados adicionales de los cuales se encuentran en el mercado, el Decocel, fibroaglutinado vetado en diferentes tonos, el Multipanel, lámina en diferentes acabados con interior de espuma, Laminados plasticos, -Wilsonart, Wilsondor o Panelart, y el Rocamuro a base de tableros de yeso.

Las características físicas de los tableros de fibra de Esta

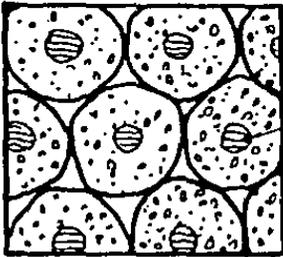
fabrica son, densidad entre 800 y 850 Kg/m³, tolerancia en espesor \pm 0.2 mms., módulo de ruptura 350 a 400 Kg/cm², absorción 35% a 38% en 24 horas y contenido de humedad de 6% al 7%. Sus dimensiones son de 1.22 mts de ancho por 1.52; 1.83; 2.44; 3.05 y 3.66 mts. de longitud y con espesores de 2.5; 3.2; 3.8; 4.7; 5.5; 9.0; 12.0; 16.0; y 19.0 mms.

SECADO DE LA MADERA

Relación agua-madera. En esta relación, encontramos el 90% de todos los problemas con la madera, su humedad y su trabajo. Los problemas pueden ser por la interacción del agua y la madera, cuya resultante es la hinchazón o la contracción del material, así vemos que los cajones de los muebles de madera, se deslizan suavemente en las estaciones secas y se ajustan en las estaciones húmedas, esto es debido a los cambios de humedad atmosférica. Deformaciones y desajustes, dificultad de trabajo, decoloración por hongos, fracasos por engomados son algunos síntomas que pueden plagar el trabajo de la madera.

La madera en los árboles tiene su humedad, generalmente es muy húmeda, la estructura celular, contiene agua excesiva (savia), y se encuentra bastante hinchada, pero bajo condiciones donde la madera es utilizada, mucha de esta agua es secada o extraída y la madera es parcialmente contraída. Eventualmente una fluctuación del balance de humedad entre la sequedad de la madera y la humedad del medio ambiente, puede ser alcanzada; existen dos etapas: primera, al secarla a un contenido de humedad en relación con el medio ambiente y segundo: a controlar el gane o pierde de humedad en orden con el mínimo cambio dimensional. Para cubrir los problemas, el trabajador de la madera debe entender el secamiento inicial de la savia desde que se corta el árbol como el continuo cambio de humedad entre el material y el medio ambiente que la rodea. En una pieza de madera, la humedad atmosférica, determina el contenido de humedad y éste a su vez determina la dimensión de la pieza, aunque la interrelación de humedad, contenido de humedad y cambio dimensional es algunas veces más complejo, un conocimiento de esto puede ser obtenido paso a paso, determinando varios conceptos, que a continuación se describen.

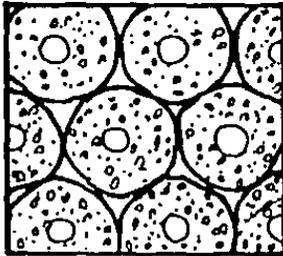
Contenido de humedad.- El contenido de humedad (CH), de la madera es definido como la razón del peso del agua, en una pieza obtenida, con el peso de la madera cuando ésta se encuentra completamente seca. El peso del agua libre de la madera, es usualmente referido al peso de la pieza secada al horno, porque este tipo de



CH > 30%

AGUA LIBRE

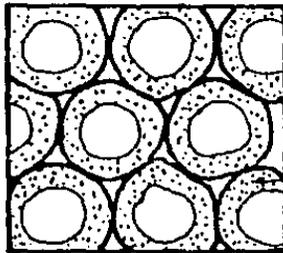
VERDE



CH = 0 y 30%

PSF = 30%

AGUA CONTENIDA Y
AGUA DE CONSTITUCION



MADERA SECA

CH = 0% APROX

AGUA DE CONSTITUCION

FIG. 2.16 HUMEDAD EN LA MADERA

secado es el método más fiable y común de obtenerlo, esta razón se expresa en porcentaje (%).

Suponiendo una pieza de madera que pesa 30 libras, después de secada en horno pesa solamente 25 libras, 5lbs., de agua han sido extraídas, su contenido de humedad será de $5/25$ es decir, de 0,20, normalmente expresada como 20%; si la misma pieza tiene originalmente 60lbs., las 35 lbs.de agua sacada daran un CH de $35/25 = 1,40$ o sea 140%.

En la figura 2.16, se presentan las células de la madera y su composición en estado verde, en el punto de saturación de la fibra y cuando la madera está seca, etapas donde se origina el movimiento de la madera.

La figura 2.17, presenta la curva de relación entre el Contenido de Humedad en equilibrio, CHE, de la madera y la Humedad relativa del medio ambiente, HR.

En la figura 2.18, se presenta la relación de los pesos específicos (a partir de Peso Anhidro, PA, y Volumen Verde, VV), con los pesos específicos (a partir de PA y volúmenes correspondientes a cualquier CH entre 0 y 30%); un ejemplo es que a una madera de peso específico de 0,55 (PA,VV) corresponderá un peso específico aproximado de 0,605 (PA y volumen con un CH de 12%).

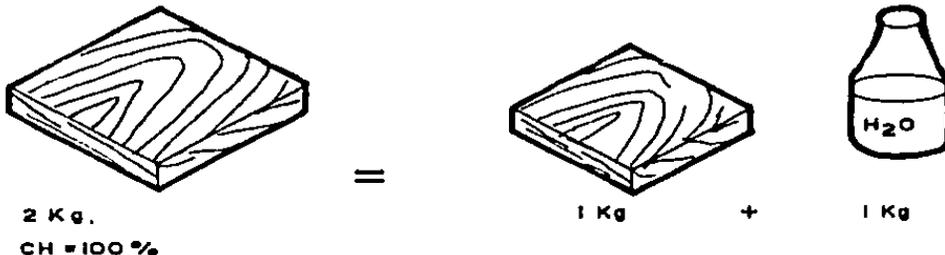


FIG. 2.15 CONTENIDO DE HUMEDAD

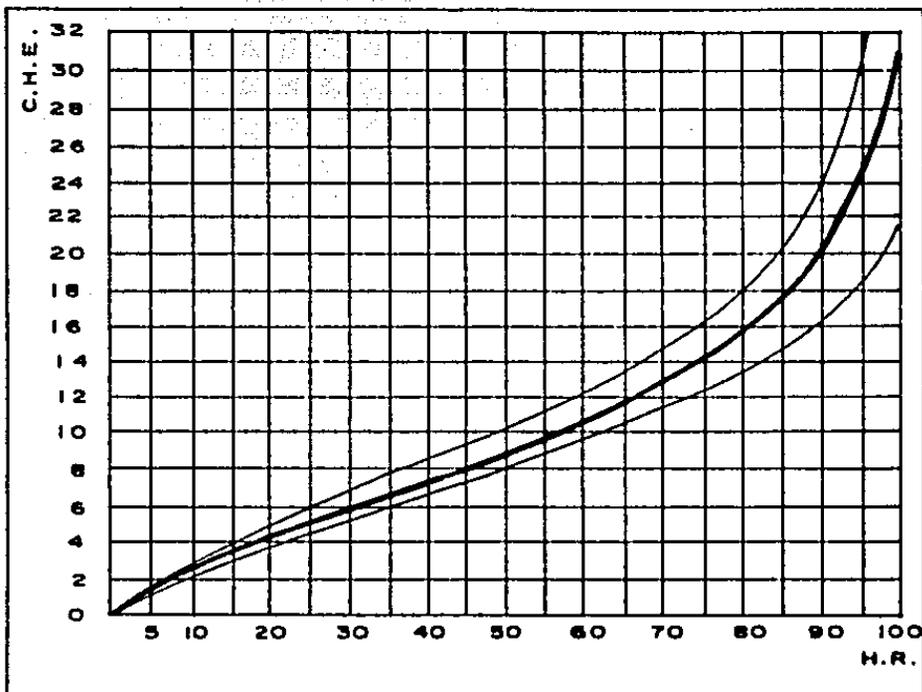


FIG. 2.17 RELACION ENTRE EL C.H.E. DE LA MADERA Y LA H.R.

CONTENIDO DE HUMEDAD EN EQUILIBRIO MEDIO DE CIUDADES IMPORTANTES
DE LA REPUBLICA MEXICANA. (XIV)

Ciudad	C.H.E. ± 0.5		Ciudad	C.H.E. ± 0.5	
	Abril	S/bre		Abril	S/bre
Acapulco, Gro.	15	16	Morelia, Mich.	9	15
Aguascalientes, Ags.	8	13	Oaxaca, Oax.	9	12
Campeche, Camp.	14	16	Orizaba, Ver.	12	17
Ciudad Lerdo, Dgo.	6	10	Pachuca, Hgo.	12	19
Chihuahua, Chih.	6	6	Piedras negras, Coa.	12	13
Chilpancingo, Gro.	13	19	Progreso, Yuc.	15	16
Colima, Col.	10	16	Puebla, Pue.	8	13
Comitan, Chis.	15	17	Queretaro, Gro.	8	12
Córdoba, Ver.	14	17	Rio verde, S.L.P.	12	16
Cozumel, Q.R.	17	20	Salina cruz, Oax.	13	15
Culiacan, Sin.	10	16	Saltillo, Coah.	10	14
Durango, Dgo.	7	12	S. Cristobal C. Chis.	15	16
Ensenada, B.C.	16	18	S. Luis potosi, S.L.P.	7	12
Guadalajara, Jal.	7	14	Soto La Marina, Tam.	15	16
Guanajuato, Gto.	7	12	Tacubaya, D.F.	9	14
Guaymas, Son.	9	12	Tampico, Tam.	17	18
Hermosillo, Son.	7	9	Tapachula, Chis.	13	16
Huejucar, Jal.	7	15	Tepic, Nay.	15	20
Isla Guadalupe, B.C.	17	15	Texcoco, Mex.	10	15
Lagos de moreno, Jal.	9	14	Tlaxcala, Tlax.	9	13
La Paz, B.C.	11	12	Toluca, Mex.	9	15
León, Gto.	9	13	Torreón, Coah.	8	10
Manzanillo, Col.	14	16	Tulancingo, Hgo.	12	19
Mazatlán, Sin.	15	16	Tuxtla Gutie, Chis.	13	16
Mérida, Yuc.	12	16	Veracruz, Ver.	16	17
Monclova, Coah.	9	12	Xalapa, Ver.	14	18
Monterrey, N.L.	12	13	Zacatecas, Zac.	6	15

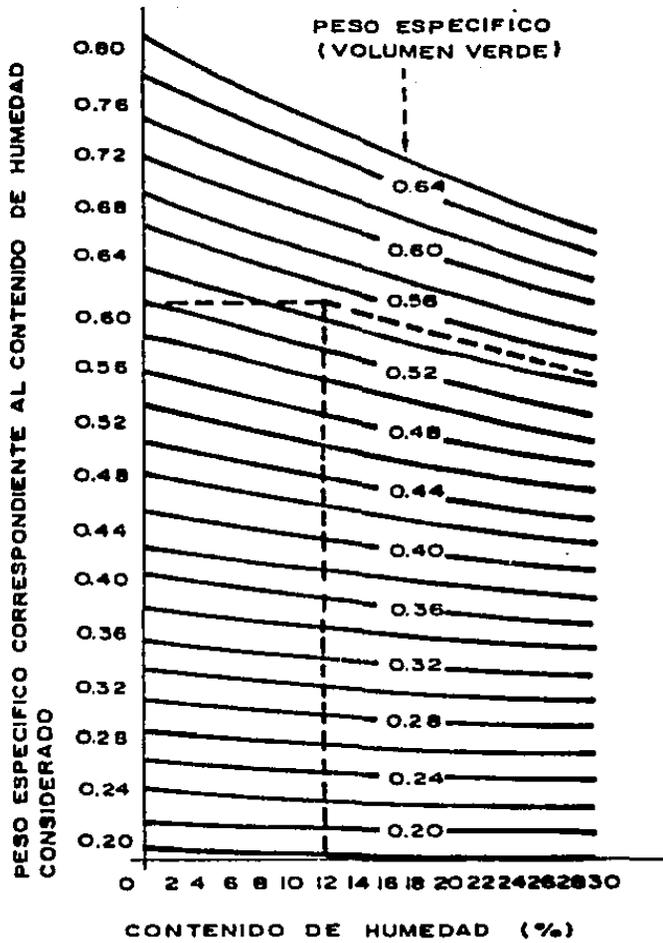


FIG. 2.18 RELACION ENTRE PESO ESPECIFICO Y HUMEDAD

Humedad relativa.—La humedad es un termino generalmente referido al agua o humedad en vapor en la atmosfera. Humedad absoluta, referido a la actual cantidad de humedad que presenta el aire. Esto representado en gramos por pie cubico o en gramos por metro cubico segun las normas internacionales ISO.

El promedio de agua del aire, puede tener variaciones con la temperatura, si la temperatura asciende, lo hace el punto de saturacion, por ejemplo a 70 grados far. o 21.1 gr.cent., el aire puede tener un máximo de 8 gramos de humedad por pie cubico.

La humedad relativa es la razon del promedio de humedad en el aire con una cierta temperatura, si el aire tiene a 70 gr.fr. o 21.1 gr.cent. por ejemplo tiene 4 gramos/pie³, la humedad relativa (HR)será de 50%, por lo que el aire esta capacitado para tener 8 gramos/pie³ a esa temperatura, en la humedad absoluta donde tenga 6 grm/pie³ la HR sera de 75%.

El punto de rocío, es la temperatura a la cual el vapor de agua se condensa en el aire, el aire a 70 gr.fr. o 21.1 gr.cent. con una HR de 4 gram/pie³, tiene su punto de rocío a 49.3 grados fr., 10 gr.cent. apróx.. El aire con mucha humedad, si es enfriado a 49.3 gr fr., no puede tener más humedad y por lo tanto tiene un 100% de humedad relativa; si el mismo aire fuera enfriado a 41 gr.fr, tendrá solo 3 grm/pie³, así un gramo por cada pie cúbico se condensará y se obtendrá precipitación.

Es importante definir las determinaciones naturales de nuestra humedad atmosférica, puesto que el sistema del tiempo trae masas de aire pesadas en CH absoluta y adicionalmente asciende este CH por la gran vegetación o por la evaporación de cuerpos de agua.

Así el exceso de humedad en el aire se condensará y precipitará cuando el aire es enfriado al punto de rocío, la misma temperatura puede establecer un limite superior a la humedad absoluta porque el aire nunca puede tener más humedad hasta el punto de rocío.

En edificaciones nosotros acostumbramos a manipular el aire natural, principalmente por calentamiento y cuando éste sube, por enfriamiento, adicionando o substrayendo humedad. Esto es importante realizar, si el efecto de nuestro calentamiento o enfriamiento está acompañado de humedificacion o deshumedificacion. Calentando el aire se incrementa la humedad, pero si nosotros incrementamos la temperatura del aire un periodo, la humedad absoluta no cambia, la humedad relativa descenderá; En inviernos bajo cero, el aire tiene baja humedad absoluta, la cual puede penetrar en nuestros hogares, cuando se calienta a 70 gr.fr. (21.1 gr.cent.) sin adicionar humedad, la humedad relativa desciende muy abajo; en verano el aire tiene usualmente mucha humedad porque se encuentra a grandes temperaturas, enfriando el aire se reduce la capacidad de tener humedad, la humedad relativa asciende uniformemente.

RELACION ENTRE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y C.H.E. (XIV)

Humedad Relativa	Temperatura grados cent.	C.H.E. ± 0.5 %
20.....	10 - 40	4
25.....	10 - 40	5
30.....	0 - 40	6
35.....	0 - 35	7
40.....	0 - 30	8
50.....	10 - 40	9
55.....	0 - 40	10
60.....	0 - 30	11
65.....	0 - 30	12
70.....	0 - 35	13
72.....	0 - 30	14
75.....	0 - 25	15
80.....	0 - 30	16
81.....	0 - 25	17
82.....	0 - 20	18
86.....	0 - 30	19
88.....	0 - 30	20

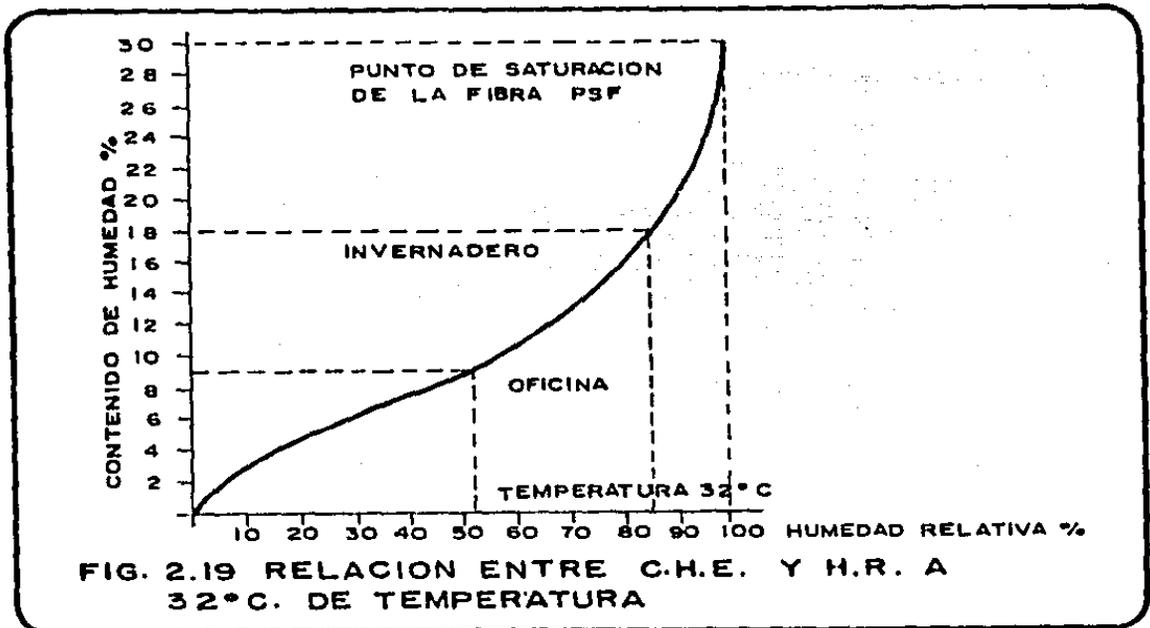
El agua en la madera.- El liquido contenido en el arbol, llamado savia, es principalmente agua, pero tambien contiene minerales disueltos, nutrientes y carbohidratos elaborados por el follaje.

Para nuestros propositos, podemos considerar humedad o agua en la madera como el significado de la savia original del arbol o agua de otro origen que subsecuentemente es recogida por el secado de la madera, el agua puede retornar a la madera bajo formas diferentes, por lluvias o humedad del aire.

Para visualizar la humedad de la madera del arbol en pie, imaginamos una esponja llena de agua, que es analogo a las paredes de las celulas cuando estan saturadas e hinchadas y las cavidades de las celulas estan total o parcialmente ocupadas con agua. Si nosotros exprimimos la esponja el agua se vacia, en forma similar el agua en las cavidades de las celulas de la madera, llamada agua libre, puede ser exprimida por accion mecanica (presion o golpe). Ahora imaginamos retorcida la esponja, hasta que no se encuentre más agua, ésta obtiene su tamaño, flexibilidad y humedad al tacto, en la madera en condiciones similares de humedad es obtenido el **Punto de Saturación de la Fibra (PSF)**, ver figura 2.16, en este estado las cavidades de las celdas estan vacias de agua libre pero las paredes de las celulas estan saturadas, solamente sacando el agua de las paredes celulares empieza la contraccion y por lo tanto su incremento en las resistencias.

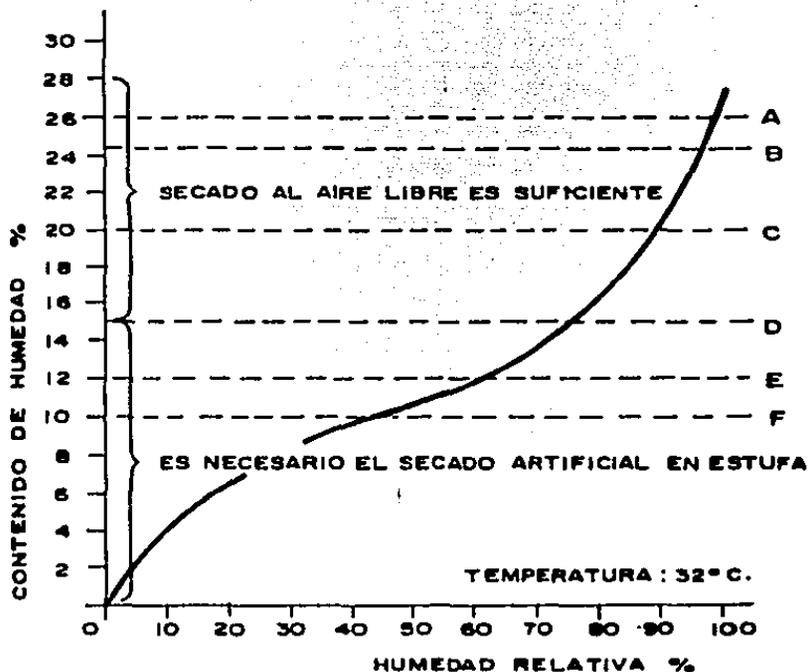
El agua retenida en las paredes de las celulas se llama agua contenida, en contraste con el agua libre la cual es contenida en

las cavidades de las células. El agua contenida (en las paredes), es retenida por las fuerzas físicas de atracción, justo como en la esponja, esta agua debe sacarse por secamiento en una relativa atmosfera de secado; la cantidad de agua contenida perdida (y por consiguiente la cantidad de contracción) dependerá de una humedad relativa. Si el aire tiene 100% de H.R. no hay pérdida de agua contenida, para remover esta, es necesario secarla por medio de un horno o un disecador o una cámara de vacío donde la humedad relativa es de cero, obviamente nosotros utilizamos madera donde la humedad relativa varía de 0 a 100% y por lo tanto solo parte de esta agua contenida es perdida.



Contenido de humedad en la madera.-La madera es un material higroscópico y por lo tanto responde a cambios de la humedad atmosférica, recobra agua cuando la H.R. se incrementa y la pierde cuando la H.R. baja, hay que lograr un balance del C.H. de la madera y el nivel de la H.R. con el objetivo de no ganar o perder dimensiones, este balance es llamado contenido de humedad en equilibrio (C.H.E.).

En la práctica hay dos métodos para establecer el contenido de humedad de la madera. El primero, se pesa la muestra de la madera y luego se calienta hasta que se fugue toda la humedad, determinando el peso constantemente hasta que no exista variación en las últimas pesadas, por lo tanto se halla el peso anhidro, el cual sirve para determinar la densidad anhidra. El procedimiento



- A - INICIO DE CAMBIOS DIMENSIONALES NOTORIOS.
- B - MADERA PARA SER PRESERVADA POR METODOS A PRESION.
- C - LIMITE PARA EL DESARROLLO DE HONGOS CAUSANTES DE PUDRICION DURMIENTES.
- D - MADERAS PARA ESTRUCTURAS, PUERTAS Y VENTANAS EXTERIORES. IMPLEMENTOS AGRICOLAS.
- E - MUEBLES, JUGUETES, PUERTAS INTERIORES, LAMBRIN, VIGAS LAMINADAS.
- F - INSTRUMENTOS MUSICALES.

FIG. 2.20 RELACION C.H.E. Y H.R. DE LA ATMOSFERA

para determinar el CH en la pila de secado al aire es el siguiente :

1) Se emplean piezas de muestra colocadas dentro de la pila en forma intercalada, de tal forma que sea fácil su retiro y colocación.

2) Cada pieza es pesada desde el comienzo y con periodos de tiempo definidos, (cada 24 horas o cada semana), en una balanza con sensibilidad de 1 gramo.

3) Si su peso no varía, respecto al anterior, la madera está en equilibrio con el medio ambiente que la rodea, para conocer el peso seco, se extrae la muestra y se corta en la porción central y se coloca después de pesada en una estufa de secado por 48 horas, a una temperatura de 103 grados, \pm 2 gr. centígrados:

4) Se calcula el C.H. con la fórmula,

$$CH = [(peso\ humedo - peso\ seco) / peso\ seco] \times 100$$

ejemplo, una muestra de pino ayacahuite, peso al cortarse 1500 gramos, después de secarse en la estufa peso 910 gramos, entonces su contenido de humedad, en el momento del corte era de :

$CH = [(1500 - 910) / 910] \times 100$; $CH = 64.84\%$, siendo su volumen de agua inicial de $1500 - 910 = 590$ gramos, equivalente a un volumen de 590 ml.

Las muestras deben cortarse, iguales de ancho y espesor, puesto que el tiempo de secado depende de las dimensiones de cada una. El C.H. de la pila será el promedio de los CH correspondientes a las muestras (recordemos que en el centro, la pila está más fría). Ver gráfica 2.22.

El segundo método consiste en el empleo de un medidor de humedad o higrómetro, basado en el principio de la característica de conducción eléctrica de la madera o sea entre más seca se encuentre, mayor resistencia ofrece al paso de la corriente eléctrica. Dentro de ciertos límites, estos aparatos son satisfactoriamente exactos, dentro del rango aproximado de 6% y 25%; por encima del 25%, existe demasiada conducción y tiende a producir un corto circuito y por debajo de 6%, existe mucha resistencia y se necesita un instrumento muy exacto

TIPOS DE SECADO.-

Secado al aire : Se realiza apilando la madera al aire libre, de tal forma que quede expuesta a una atmósfera secante, el contenido de humedad que asumirá la madera aserrada colocada en la pila depende de la humedad relativa del ambiente y varía de una zona a otra así como en el mismo lugar por los cambios climáticos.

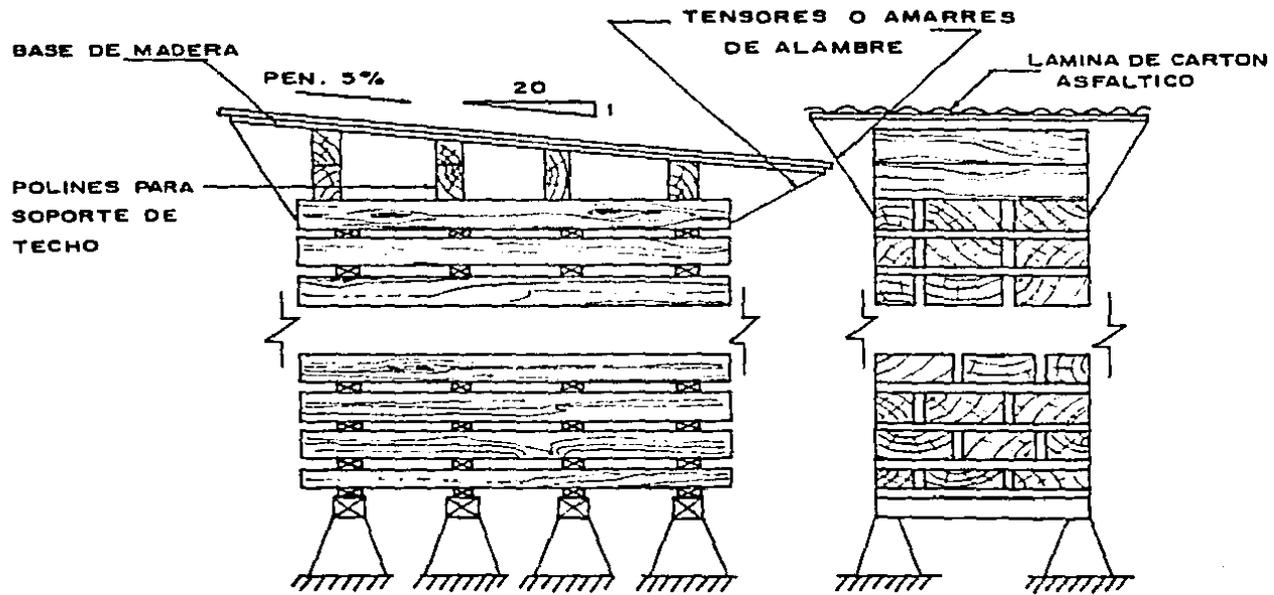


FIG. 2.21 SECADO AL AIRE

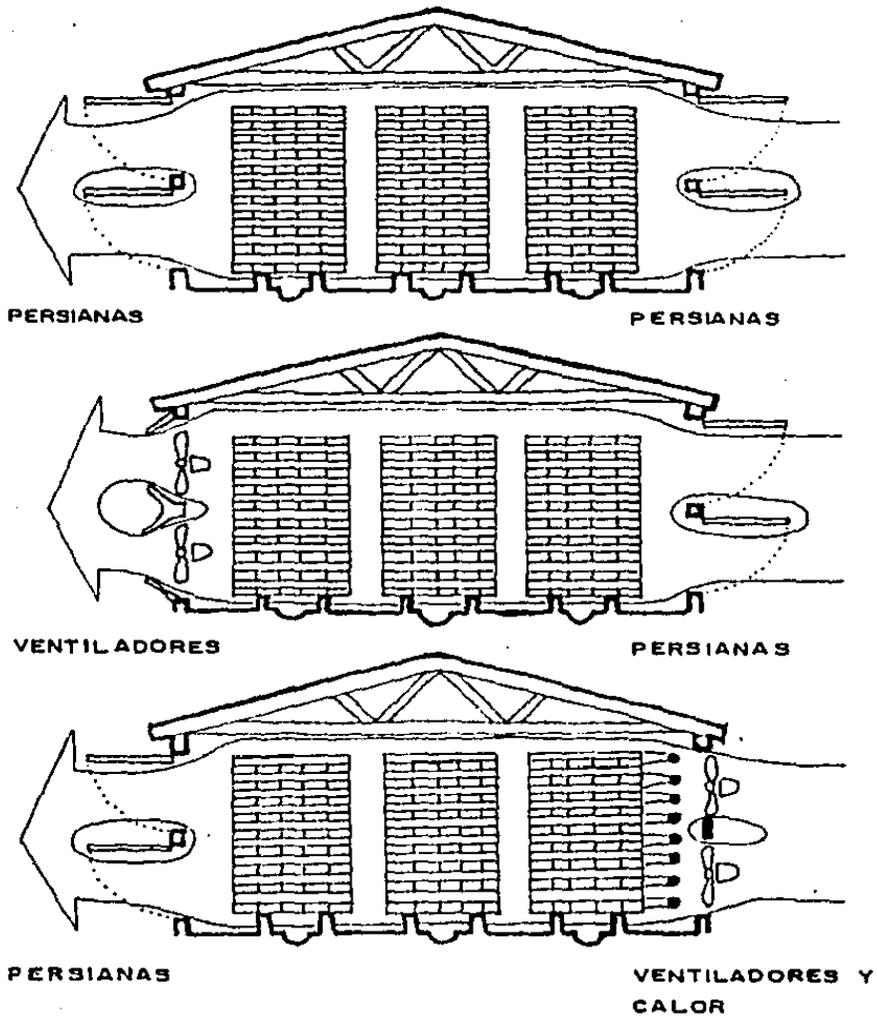


FIG. 2.22 SECADO AL AIRE

No es posible controlar la temperatura, la humedad relativa y la circulación del aire en el secado, aunque es posible ejercer cierto control sobre la velocidad del secamiento y la incidencia de los defectos de secado, por medio de una disposición y operación del patio de secado al aire. Cuanto más abierto es el apilado mucho más rápida será la circulación del aire y por lo tanto, más rápido es el secado, el aire caliente tiende a subir y el frío a bajar, se forma una circulación vertical del aire, de frío a caliente por lo tanto es necesario, para conseguir un secado uniforme, mantener una corriente de aire por debajo de la pila, aislando ésta del piso y manteniendo este espacio libre de obstrucciones.

Construcción de la pila horizontal : la madera no debe estar en contacto con el suelo. para esto se proponen en la figura 2.24 algunos soportes, los cuales facilitan la circulación del aire desde abajo, se recomienda que las pilas tengan una dimensión de, ancho hasta 2.50 mts., longitud usual de 2.50 a 3,0 mts., se pueden utilizar dimensiones especiales hasta de 6,10 mts., y una altura máxima de 3,50 mts., estas dimensiones son las máximas recomendables, por lo tanto son más eficientes las menores. Los separadores e la madera en las pilas (rastreales), deben estar secos, rectos y limpios, sin signos de manchado o pudrición, es preferible hacerlos de duramen y no de arbura, con un grosor máximo de 2.5 cms. no deben espaciarse más de 60 cms. para maderas latifoliadas y no más de 90 cms., para maderas coníferas puesto que estas son más resinosas y tienden menos al combamiento. La circulación entre pilas es de 0.90 mts para permitir el paso del aire.

Grosor de los separadores según la época del año. (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT, 1973)

ESTACION	PRIMAVERA	VERANO	OTOÑO	INVIERNO
Coníferas		1"		1 1/2"
Latifoliadas		1/2"		1"

Estos separadores cumplen las siguientes funciones : a) proporcionar estabilidad en la pila, b) favorecer la circulación de aire, c) controlar la rapidez del secado, d) separar entre sí las camas de madera. e) reducir el alabeo de las piezas por su propio peso.

El número y grosor de los separadores necesarios en una pila varía respecto a : a) la especie de madera a secar, b) el grosor de las piezas, c) las características de la madera en secado, d) la calidad de la madera. Algunas especies como ciertos pinos (pinus spp.) admiten un secado rápido sin llegar a distorsionarse, como casi todas las demás coníferas; todas ellas necesitan de un secado rápido de la superficie para evitar el manchado, al cual son muy susceptibles, para estas especies se recomiendan separados-

res de 1" a 1 1/2" de espesor dependiendo de la época del año. Otras especies no son tan resistentes al agrietamiento, y tienden a sufrir daños por el secado rápido, en estos casos, el grosor de los separadores no debe exceder de 1".

Espaciamiento entre separadores de acuerdo a las características de secado (BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT 1973)

GROSOR DE LAS PIEZAS	(de 1"	ENTRE 1" Y 2"	) de 2"
Coníferas y latifoliadas con poca resistencia a alabeo *	de 0,40 m a 0,60 m	0,60 m	hasta 1,00 m
Latifoliadas que se tuercen con facilidad	0,30 m	0,60 m	0,60 m
* pinos, oyamel, cedro.			

En el secado al aire, el elemento más beneficioso y a la vez más perjudicial es el sol. La madera expuesta al sol recibe un calor excesivo y causa un agrietamiento superficial y en las cabezas de las piezas, por lo tanto se debe proteger la pila de la exposición directa del sol por medio de una cubierta que a la vez sirve para protección de la lluvia ya que mucha humedad tiende a presentar moho y manchado en las piezas, para esto último, son utilizados baños químicos.

Existen otros protectores para la madera apilada, sobre todo en las cabezas de las piezas, tales como escurrideras, tablillas de madera que sobresalen, con el fin de que el agua caiga sobre ellas y no penetren a la pila; sombras y parasoles que protegen la pila de una gran insolación; pintura y parafina, utilizadas como método complementario, para evitar el agrietamiento en las cabezas y garantizar un secado más uniforme puesto que el agua contenida y el agua libre tienden a salir primero por las cabezas, cosa que se debe evitar.

Pila vertical : La madera es apoyada en forma vertical o inclinada contra un muro o caballete, se necesitan tensores para sujetar las piezas y evitar su alabeo, los separadores se colocan en igual forma de las pilas horizontales, este tipo de apilamiento presenta las siguientes ventajas : a) disminuye el alabeo causado por el peso propio de la madera, característico en el apilado horizontal; b) acelera el secado al eliminar rápidamente el agua superficial disminuyendo el riesgo de manchado o pudrición; y presenta las siguientes desventajas : a) tiende a agrietar las maderas susceptibles a secado intenso, especialmente en las cabezas superiores; c) favorece el alabeo por pérdidas rápidas de humedad si las piezas no son sujetadas firmemente.

RESISTENCIAS A DANOS DE ALGUNAS MADERAS MEXICANAS.

A:poco suseptibles B:medianamente suseptibles C:muy suseptibles

MANCHADO Y PUDRICION

	A	B	C
Pinos y otras coniferas	Oyamel Ocote colorado	Duramen de todos los pinos	Cedro blanco Albura de todos los pinos.
Encinos	Duramen de E. blanco	Albura de E. Chiquitinib de montaña. E. rojo E. blanco Chicharrón	
Tropicales : ligeras	Duramen de cedro		Amapola, balsa Jobo, ceiba, Guanacaste, Albura de cedro, caoba.
Pesadas	Bari, duramen de cedrillo		Albura de cedrillo
Muy pesadas	Chicozapote Machiche Siricote		

ORIETAS Y RAJADURAS.

	A	B	C
Pinos y otras coniferas	Oyamel, P. chino, P. prieto, P. lacio, P. piñero, P. ponderosa, Ocote colorado, Cedro blanco.	pino blanco pino Ayacahui-	pino piña larga
Encinos		E. blanco, Cobeté	
Tropicales : Ligeras	Jobo, Ceiba, Aile, Caoba, Cedro.		
pesadas		Siricote, Cedrillo.	
Muy pesadas	Chicozapote	Machiche.	

La aparición de grietas y rajaduras puede evitarse o controlarse regulando la velocidad del secado y protegiendo los extremos de las piezas de los efectos del sol, el viento y las lluvias y colocar separadores más próximos entre si.

ALABEOS Y DISTORCIONES.

	A	B	C
Pinos y otras coníferas	Oyamel, P. piña larga P. piñonero, P. ponderosa	pino lacio, P. blanco, Ocote colorado Cedro blanco	pino chino, pino prieto, P. ayacahuite
Encinos		Cobeté	E. blanco
Tropicales			
Ligeras	Aile, Cedro,	Ceiba, jobo	
Pesadas	Bari	Cedrillo	
Muy pesadas	Chicozapote Siricote.	Machiche	

En las maderas susceptibles se deben colocar los separadores más próximos entre si.

El patio de secado : La zona de secado al aire libre, debe cumplir con ciertas características como son :

- Preferencialmente estar cerca al lugar de transformación
- Evitar localizarlo cerca a depositos de agua o áreas de tierra húmeda o aire estancado y humedo, así mismo evitando los obstáculos a la circulación del aire.
- La dirección de las pilas son determinadas por la dirección predominante de los vientos.
- En el nivel del suelo, se deben hacer declives para fomentar el drenaje del agua.
- La superficie del terreno debe estar libre de basuras, hierbas y otro tipo de desperdicio, para evitar el desarrollo de microorganismos.

Secado por acción solar : Hemos visto que el sol es utilizado para el secamiento de la madera al aire libre, esto es de una forma natural, ahora se trata de aprovechar la energía solar, mediante captadores, con el fin de disminuir el tiempo de secado y lograr un menor contenido de humedad.

En general el sistema consiste en captar la energía calorífica de los rayos solares, para calentar el aire contenido en un depósito o secadora, en la cual también está ubicada la madera y hacien

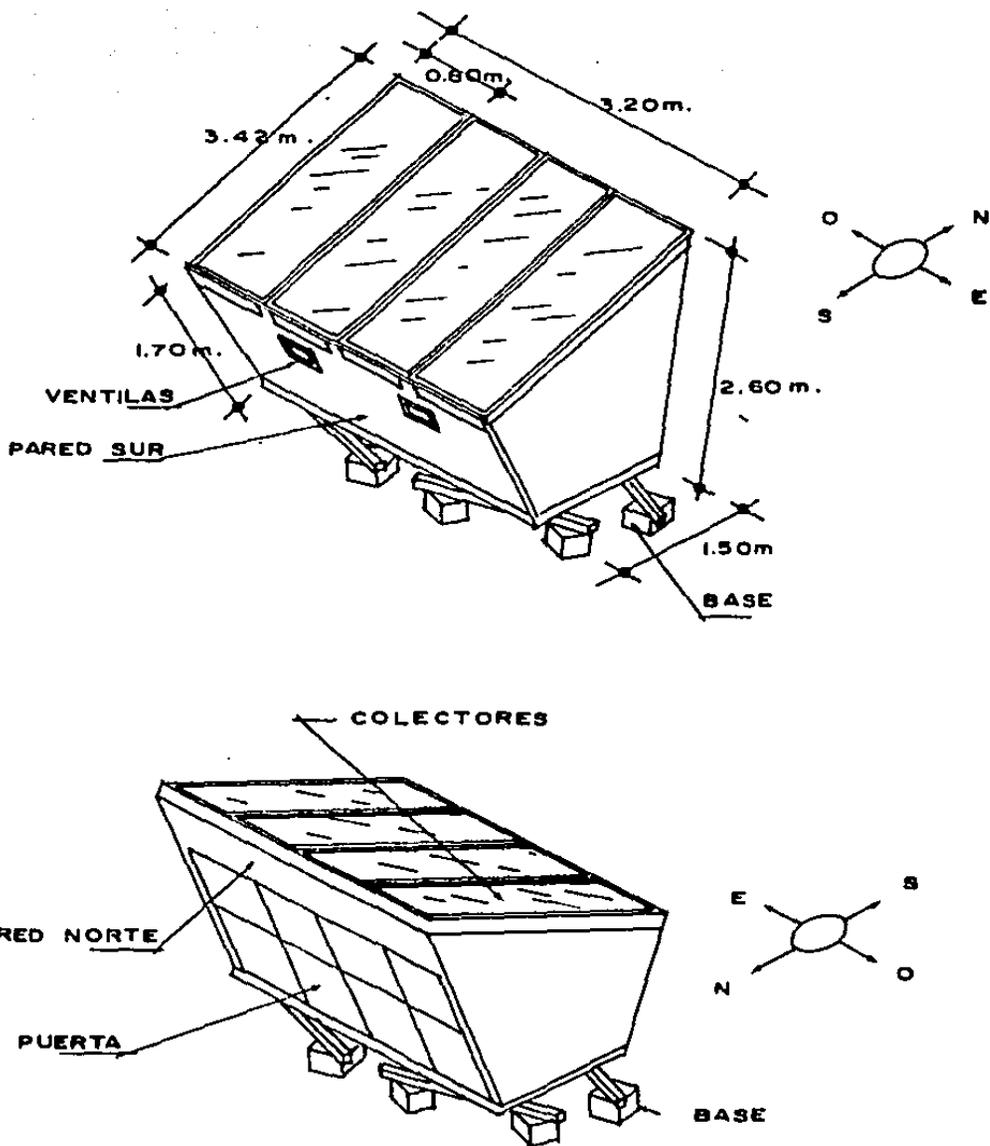


FIG. 2.23 SECADORA SOLAR "LACITEMA", ORIENTACION

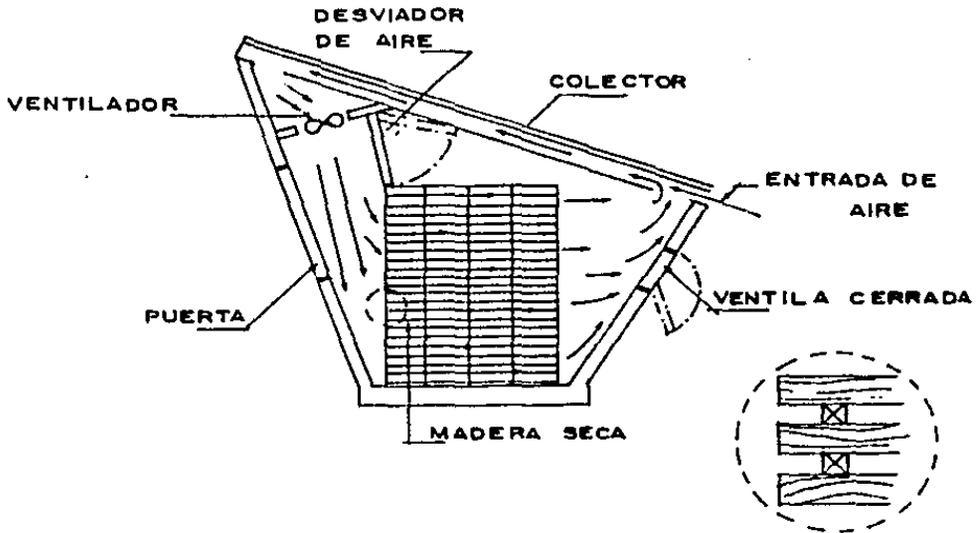
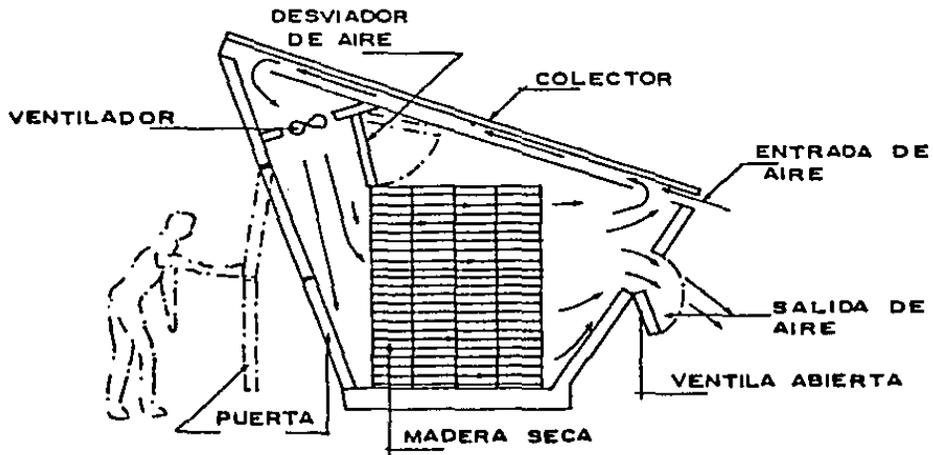


FIG. 2.24 SECADORA SOLAR "LACITEMA"
CORTE TRANSVERSAL

dolo circular aprovechando la propiedad física en la cual el aire tiende a subir cuando esta caliente, para agilizar esta operación también se utilizan ventiladores eléctricos con poca potencia.

Los colectores solares deben estar orientados de tal forma que se aproveche en mayor porcentaje la presencia del sol, es conveniente informarse de un solsticio para el lugar exacto donde se va a ubicar la secadora solar.

El piso de la secadora debe estar separado del suelo pero evitando la circulación de aire por debajo y con las paredes recubiertas con un material aislante, con el propósito de evitar el desperdicio de energía. Ver gráficos 2.23 y 2.24.

En resultados experimentales del INREB, por medio de su laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera, LACITEMA, en Jalapa Veracruz, por el D.I. Enrique Martínez-Pinillos, tenemos lo siguiente :

Se observó la velocidad de secado de dos cargas iguales de pino con 2,5 cm de espesor, una colocada en la secadora y la otra secada al aire libre, en tiempos iguales, la madera del interior alcanzó un C.H. de 11% mientras la del exterior llegó a un 21%.

La temperatura obtenida en el interior de la secadora, se encontró 10 grados C., en promedio por encima de la del medio ambiente, la madera del interior no presentó ningún tipo de agrietamiento o deformaciones.

La comparación en costos en los cuales intervienen, el secado de tipo convencional, sistema intermedio que funciona con base en temperatura y vapor de agua y es el más utilizado, el secado al aire libre y el secado por energía solar, incluyendo en esta última, la construcción de la secadora, (materia prima y mano de obra),

tenemos :	Secado convencional.....	100%
	Secado solar.....	60%
	Secado al aire libre.....	46%

Partiendo del costo más alto y dándole a este el valor de 100%, costo por secado del pie tabla madera.

Secado en estufa : Son cámaras equipadas de tal manera que se asegura con cierto grado, el control de la temperatura, humedad relativa y velocidad del aire en contacto con la madera.

Este método es mucho mejor que los sistemas anteriores puesto que se logra una mayor velocidad de secado y un menor contenido de C.H., adicionalmente se controla más eficientemente los defectos por secado, originados en la madera. El secado en estufa, ha sido perfeccionado de tal forma que además de conseguir buenos

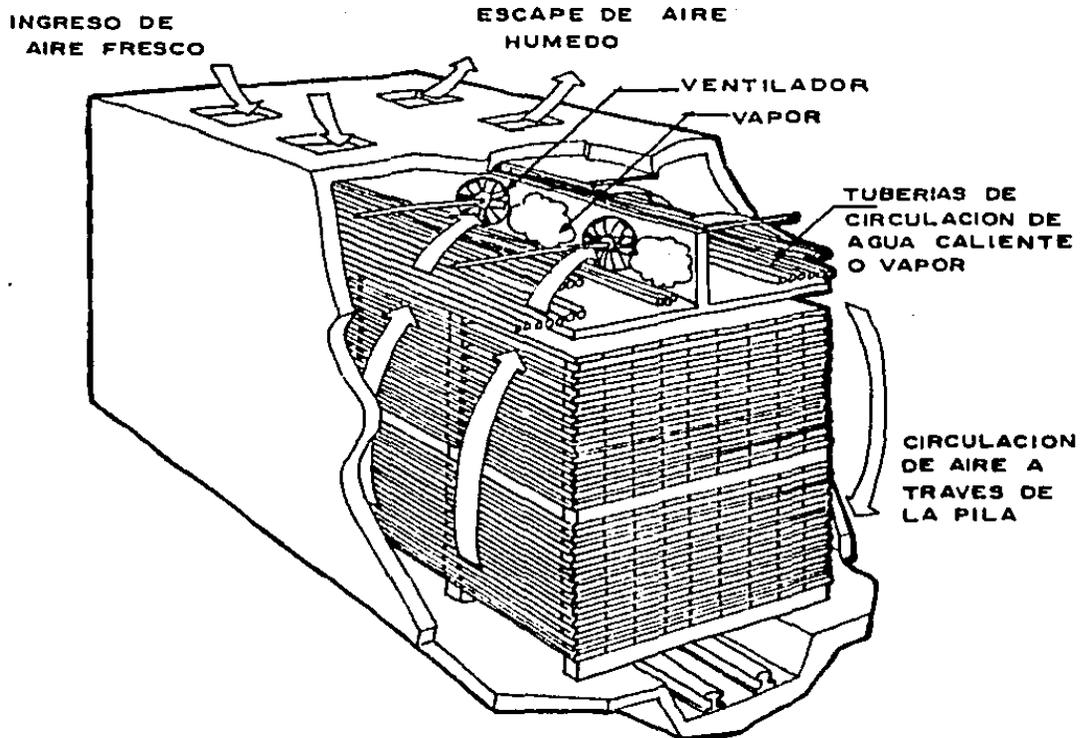


FIG. 2.25 SECADO AL HORNO O ESTUFA

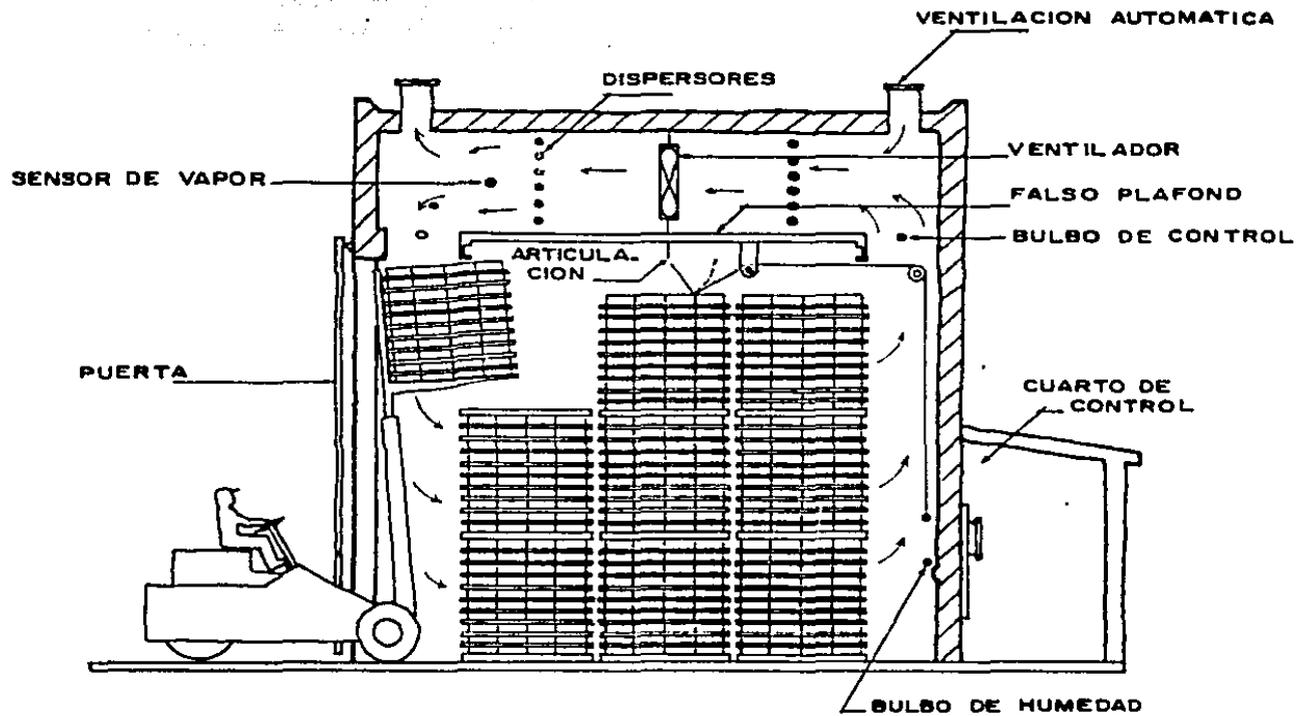


FIG. 2.26 SECADO EN ESTUFA. CORTE TIPICO

resultados, se asegura un menor costo en volumen, reduce las pérdidas de tiempo de material y de mano de obra.

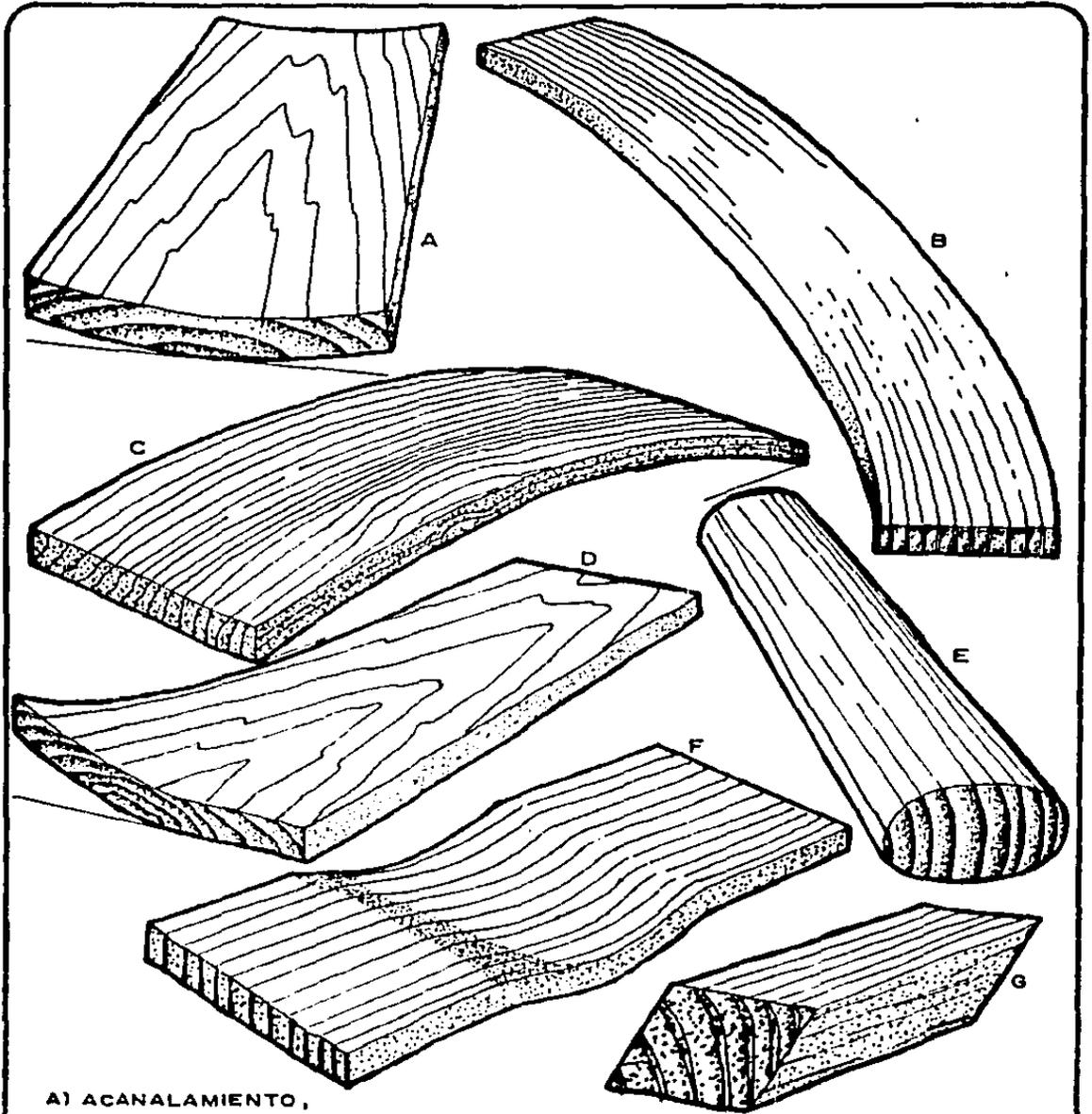
Las estufas de secar madera se clasifican según su método de carga y el tipo de circulación interna del aire. Según el método de carga se dividen en progresivas y de tipo de compartimiento, - las progresivas, los carros de madera se cargan por un extremo y luego se descargan por el otro extremo de la estufa al completarse el ciclo de secado, esto implica que dentro de la estufa existen los carros de madera con diferente C.H. desde el máximo en el principio de la estufa hasta el mínimo en el final y por consiguiente es necesario más control. Las de tipo compartimiento, la madera se introduce en ella hasta llenarla, luego se procede al secamiento y una vez seca se descarga para iniciar otra vez el proceso.

Según el tipo de circulación del aire, las estufas se dividen en circulación natural y circulación forzada. Las primeras, aprovechan la circulación de aire caliente hacia arriba y aire frío hacia abajo, para pasarlo a través de la madera, por el mantenimiento de una diferencia de temperatura en los dos extremos. La circulación forzada, es suministrada con aire en movimiento por medio de la acción de ventiladores, que pueden estar localizados dentro de la estufa o fuera de ella.

Existen otros métodos para secar madera, pero requieren de equipo sofisticado o de alta tecnología y por lo tanto un elevado costo, por ejemplo el secado de alta frecuencia.

Ventajas del secado de la madera :

- 1) El secado de la madera aserrada reduce considerablemente su peso y por lo tanto su costo de transporte.
- 2) La mayoría de las resistencias mecánicas mejoran a medida que reduce el C.H., pues existe una relación directa entre la resistencia de la madera y su contenido de humedad abajo del punto de saturación de la fibra, (PSF).
- 3) Se reducen al mínimo los cambios dimensionales en la madera, - cuando ésta se encuentra en equilibrio con el medio ambiente, es decir, la madera debe secarse a la humedad relativa donde se propone utilizar.
- 4) Los organismos que ocasionan la pudrición y las manchas, normalmente no viven en la madera aserrada que tiene un contenido de humedad menor del 20%, tampoco sobreviven a temperaturas que exceden los 49 gr.c., por el secamiento probablemente se elevan estas temperaturas y se esterilizará la madera.
- 5) Las maderas que se han de engomar, generalmente deben secarse a un punto bastante abajo del PSF, para que la ensambladura de



A) ACANALAMIENTO, B) ALABEO DE CANTO, C) ARQUEAMIENTO, D) ESPIRALAMIENTO, E) OVALAMIENTO, F) ALABEO LOCALIZADO, G) ADIAMANTADO.

FIG. 2.27 DEFECTOS DE SECADO

engomado tenga una resistencia adecuada y durable.

6) Los pulidos y la aplicación de acabados son más eficientes cuando la madera está seca.

7) Las maderas deben estar secas si se desean tratar con preservativos para lograr una penetración apropiada.

Cambios dimensionales en la madera : La contracción o hinchazón es debido a la ganancia o pérdida de agua libre y contenida en las paredes de las células. El total de los movimientos depende de orientación de la fibra respecto al eje del árbol y generalmente es medida en forma separada en los tres planos, tangencial, radial y longitudinal. La suma total de la contracción lineal desde verde a seca es expresada en % de la dimensión verde. se puede medir con la siguiente

formula : $C = [(D_v - D_s) / D_v] \times 100$, donde

C : El total de la contracción

D_v : Dimensión en verde

D_s : Dimensión después de secada.

Para cada uno de los planos sería C_t = Contracción tangencial, C_r = Contracción radial, C_l = Contracción longitudinal.

La orientación de una cadena longitudinal en una estructura celulósica, en una pared celular, es casi paralela al eje longitudinal de la célula, como las moléculas del agua entran a la pared celular, el resultado de la hinchazón o contracción es perpendicular a las paredes celulares e influye poco en el sentido longitudinal; el movimiento de la madera longitudinal es normalmente de 0,1 %, y por lo tanto es considerado nulo, en maderas jóvenes, esta contracción es del orden del 2%. En madera anormal, usualmente se desarrolla desigualmente en los diferentes planos y originan torceduras. Ver figura 2.27.

Los valores de la contracción transversal es muy significativa, y presentan diferencias de acuerdo a su especie, la contracción tangencial, (perpendicular al grano y paralela a los anillos de crecimiento), es más grande que la radial, (perpendicular a los anillos de crecimiento). La contracción tangencial muestra rangos desde el Cedro, cedrela odorata, 4,30 %, a el Chiquitinib de montaña, Quercus anglohomdurensis, 15,66%; en la contracción radial con rango de valores desde el palo judío, Schizolobium parahibum, con 2,13%, a el pino piña larga, Pinus coulterii, con 10,36%.

La diferencia entre la contracción tangencial y radial, figura 2.28, es causada por la estructura anatómica, principalmente en el efecto de contracción de los rayos de la madera, cuyos ejes longitudinales están radialmente orientados.

La magnitud del diferencial de contracción es crítica en el desarrollo de ciertas formas de torceduras y defectos; el trabajador de la madera debe aprender la importancia de la razón, Cont.Tang./Con.Rad., en la tabla 1.3 existen variaciones que van desde el Aile, *Alnus jorullensis*, con 0,97, a la del Trementino, *Zuelania guidonia*, con 3,26, entre más grande sea la relación, más propensa la madera de presentar torceduras y defectos, en razón a que la diferencia de las magnitudes de contracción (tangencial y radial), originan en proporción diferentes esfuerzos en sus correspondientes planos.

VALORES DE CONTRACCION DE 60 ESPECIES MADERABLES QUE VEGETAN EN MEXICO.

Segun Echenique 1975. (VI) presenta el siguiente cuadro sobre contracciones de madera :

CLASIFICACION PARA CONTRACCIONES (%)

	TANGENCIAL	RADIAL	VOLUMETRICA
Muy baja.....	0 - 3,5	0 - 2,0	0 - 5,5
Baja	3,6 - 5,0	2,1 - 3,0	5,6 - 8,0
Mediana	5,1 - 6,5	3,1 - 4,0	8,1 - 10,5
Alta	6,6 - 8,0	4,1 - 5,0	10,6 - 13,0
Muy alta.....	>, = 8,1	>, = 5,1	>, = 13,1

CLASIFICACION PARA LA RELACION CT/CR, EN %/%

(Indice para distorsiones y alabeos)

Baja.....	1,0 - 1,7
Alta.....	1,71 - 2,3
Muy alta.....	>, = 2,3

CLASIFICACION PARA COEFICIENTES DE CONTRACCION %

Estable.....	0,15 - 0,35
Moderadamente estable.....	0,35 - 0,55
No estable.....	0,35 - 1,00

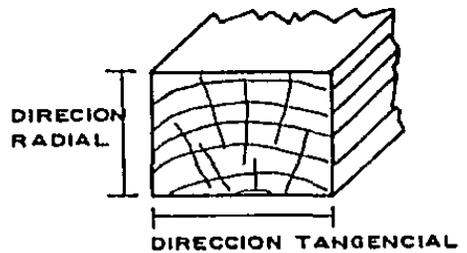
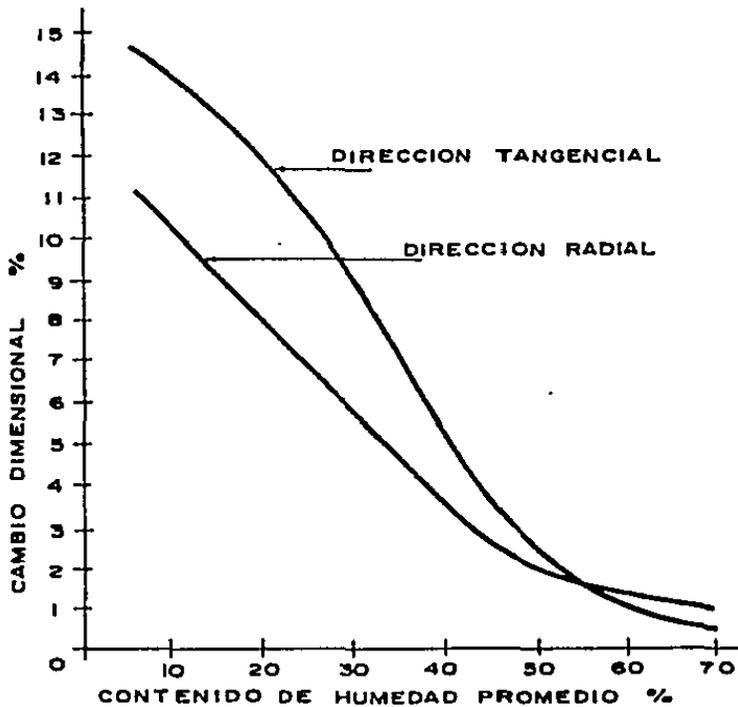


FIG. 2.28 RELACION ENTRE CAMBIOS DIMENSIONALES Y EL C.H. DE UNA PIEZA DE ENCINO

GRUPOS DE ESPECIES SEGUN SU ESTABILIDAD DIMENSIONAL.

BAJA ESTABILIDAD DIMENSIONAL :

Cacho de toro.....Encino blanco.....Palo de sangre
 Chacahuante.....Encino roble.....Popiste
 Chiquitínib de montaña....Palo de agua.....Zopo
 Cotón de caribe.

MEDIANA ESTABILIDAD DIMENSIONAL :

Amargoso.....Hormiguillo.....Pasa'ak
 Amapola.....Jabin.....Pelmax
 Bari.....Jobo.....Pino (1)
 Bojon.....Jolmashté.....Pino (3)
 Cedro blanco.....K'aniste.....Pino (6)
 Chakté.....Laurel.....Pino blanco
 Chenchén blanco.....Maca blanca.....Pino chino
 Cololté.....Machiche.....Pino lacio
 Cuerillo.....Mamba.....P. Piña larga
 Encino rojo.....Masa morro.....Siricote
 Frijolillo.....Orejuelo.....Trementino
 Guacitán.....Palo gusano.....T'zalam
 Guaité.....Paque.....Ya'axnik.

ALTA ESTABILIDAD DIMENSIONAL :

Abeto.....Encino.....Pino (4)
 Aile.....Guanacaste.....Pino (7)
 Cabeza de mico.....Jobillo.....Pino (8)
 Caoba.....Jobo.....Pino ortiguillo
 Canshán.....K'atalox.....P. Piñonero
 Cedrillo.....Molinillo.....P. Ponderosa(1)
 Cedro.....Ocote colorado.....P. Ponderosa(2)
 Chaka.....Pajulté.....Ramon
 Chicharra.....Pimientillo.....Sac chacah
 Chicharrón.....Pino (2).....Tripal
 Chico zapote.

PREDIMENSIONAMIENTO :

Existen varios caminos para predeterminar los cambios dimensionales (contracción e hinchazón), debidos a la humedad; tomando como ejemplos típicos, algunos de éstos cambios son notables, pero cuando los movimientos en los planos principales de la madera son desiguales, presentan un problema mayor.

Mirando las contracciones, desde el punto de vista cuantitativo, podemos estimar cuanto se contraerá una pieza de madera bajo determinadas circunstancias.

Asumimos un banco de trabajo, (figura 2.30) construido con madera de pino Oyamel, recién cortado, suponemos que la superficie de la mesa esta formada con tabloncillos aserrados, originalmente de 10" de ancho, si el banco es colocado en un ambiente cubierto de los rayos del sol y de la lluvia pero abierto, cuánto se contraerá una vez seco ?.

Considerando el cuadro de cambios dimensionales del Oyamel, PSF:21%, Cont.Tang.:5,5%, Cont.Rad.:3,88%, y Cont.Long.:1%, podemos ahora construir el grafico 2.29, que nos relaciona el C.H.E.y las contracciones.

Si tomamos el promedio de la humedad relativa en el ambiente de $\pm 75\%$, y analizando en el grafico que relaciona la humedad relativa y el C.H.E., nos determina éste último alrededor de 14%, dato que insertamos en el grafico No. 2.31 y lo relacionamos dando como resultado una contracción de $1,8\% \pm$, significa que las tablas de 10" c/u, ahora son de 9,82" de ancho.

Por otro lado estimamos la contracción, por la formula que conocemos, $\Delta D = D \times S (\Delta C.H.) / PSF$, donde

ΔD = Cambio de la dimensión a la contracción.

D = Dimensión inicial.

S = % total contraído en forma tangencial.

$\Delta C.H$ = Cambio en el contenido de humedad (% PSF - CHE).

CHE = Contenido de Humedad en Equilibrio.

reemplazando : $\Delta D = 10" \times 0,055 (0,21 - 0,14) / 0,21$;

$\Delta D = 0,55 (0,33)$

$\Delta D = 0,18"$

Ahora la dimensión es de $10" - 0,18 = 9,82"$ de ancho de cada tabla.

La formula se aplica solamente cuando gana o pierde humedad abajo del PSF., por ejemplo si la humedad de la madera recién cortada fué de 86% y de secado de 9%, el movimiento de la madera (Oyamel) se tomará como $0,21 (PSF) - 0,09$, o sea de 0,12.

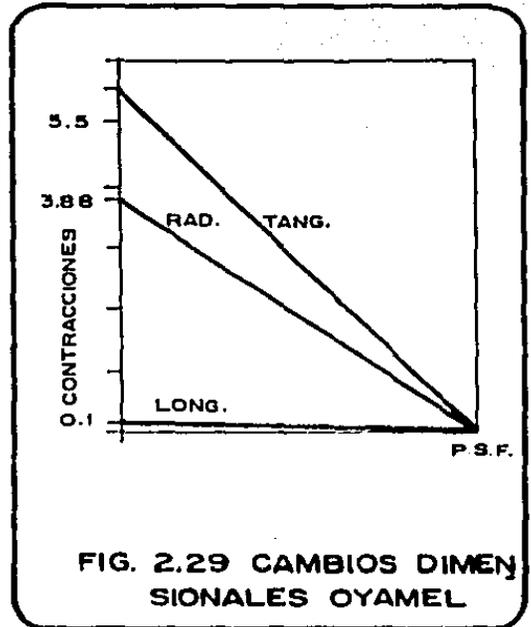


FIG. 2.29 CAMBIOS DIMENSIONALES OYAMEL

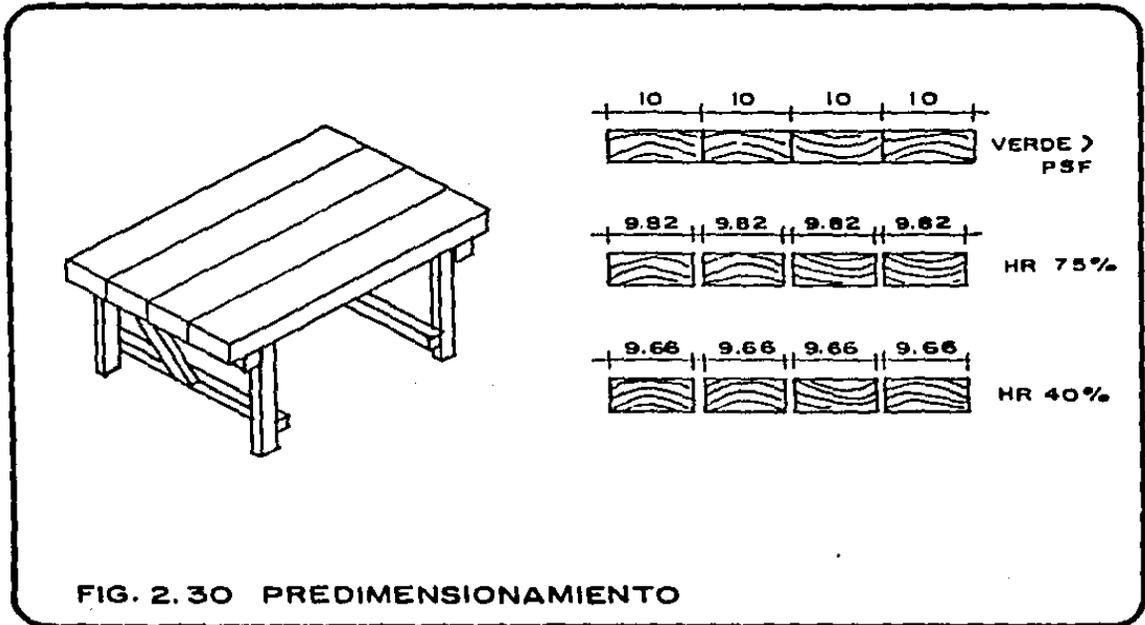


FIG. 2.30 PREDIMENSIONAMIENTO

También podemos elaborar una composición gráfica mostrando la relación de la humedad relativa, el contenido de humedad y el CH a la contracción tangencial del Oyamel (figura 2.31):

Ahora las tablas de la superficie de la mesa son de 9.82" cada una, si la colocamos dentro de la casa, donde existe un ambiente más controlado, donde la humedad relativa es de 40% y tomando un CHE de 75%, cuanto más se contraerán ?.

Utilizando la fórmula : $\Delta D = 9,82" \times 0,055 (0,14 - 0,075) / 0,21$;

$$\Delta D = 0,54 \quad (0,309)$$

$$\Delta D = 0,167"$$

Se contrae 0,16" nuevamente, ahora las tablas de la superficie son de : $9,82 - 0,16 = 9,66"$ cada una.

Estos cálculos son importantes para prever los cambios dimensionales de la madera en elementos tales como puertas, paneles, cajones. Un problema típico puede ser cuando se está construyendo una cómoda con cajones como se muestra en la figura 2.34, utilizando madera de pino Ayacahuite, para asignar el espacio libre del frente del mueble y para que los cajones quepan en esa superficie.

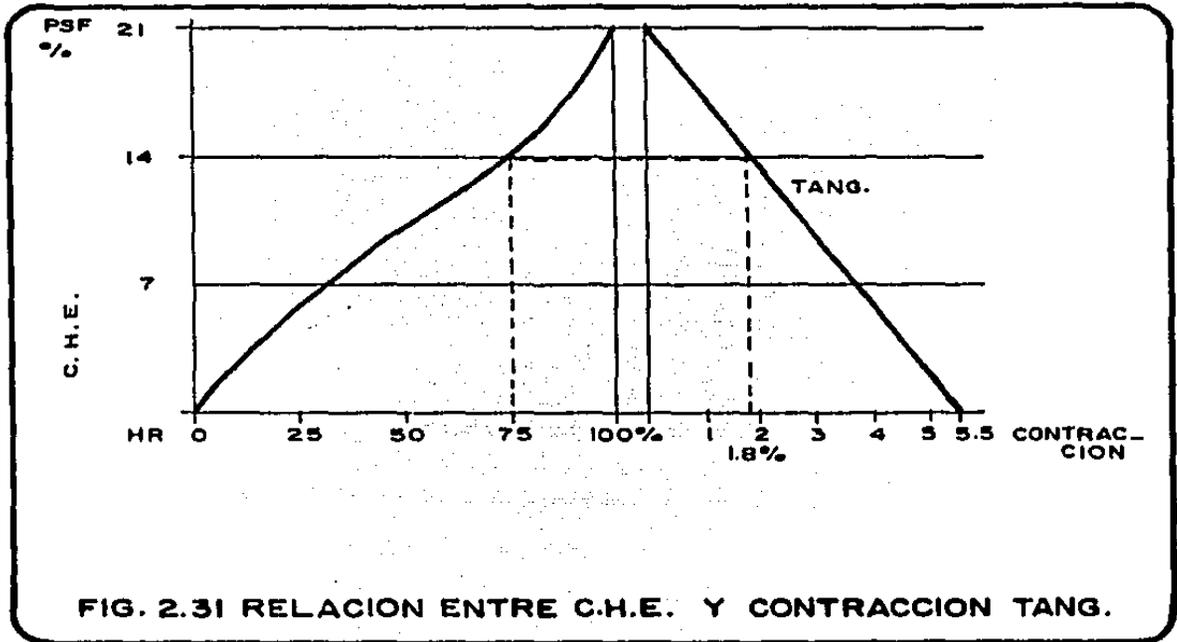


FIG. 2.31 RELACION ENTRE C.H.E. Y CONTRACCION TANG.

En la tabla de valores de las maderas mexicanas, tenemos que :

Contracción tangencial : 8,8%

Contracción radial : 3,28%

PSF : 24,56%

Asumimos las condiciones de nuestra madera en un C.H.E. de 8%, según nuestra experiencia, se determina que con la terminación del mueble (aceite o pintura), se puede utilizar un CHE, para piezas terminadas más alto, como el 12%. Los cajones del frente no varían mucho de ancho, (F), con el 12%, que el cajón abierto C/A, la pregunta es cuanto más pequeño será con un CH de 8% ?

Según la fórmula : $\Delta D = (C/A)(Ct) (\Delta CH/PSF)$;
 $\Delta D = (C/A) (0,088)(0,12-0,08)/24,56$;
 $\Delta D = (C/A) (0,162)$

Para un cajón abierto C/A de 9" será de $9 \times (0,162) = 0,145$ " o sea $\pm 1/8$ ". En otras circunstancias por ejemplo en invierno, el CHE es de 5%, la abertura de 9" será :

$$\Delta D = 9" \times (0,088)[(0,12-0,05)/0,2456] ;$$

$$\Delta D = (0,79)(0,285) ;$$

$\Delta D = 0,285''$ alrededor de $9/32''$.

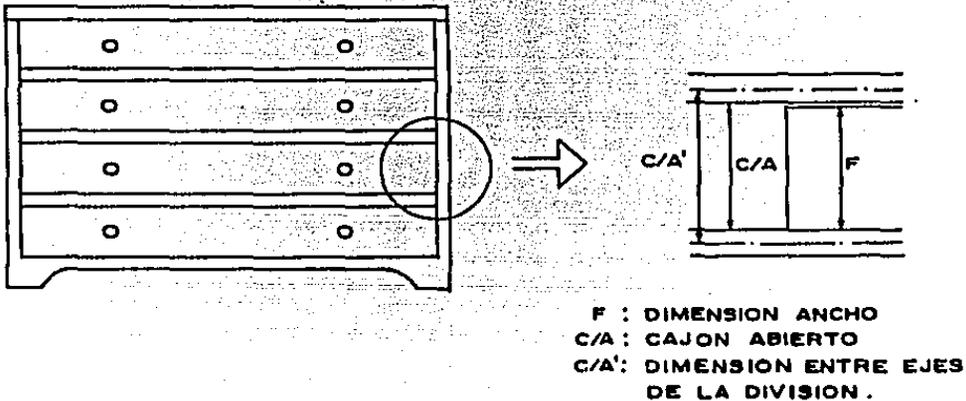


FIG. 2.32 EJEMPLO : DISEÑO DE CAJONES

Un punto generalmente seguro en diseño de cajones, es la diferencia en los futuros movimientos de la madera entre dos especies trabajadas con el mismo CHE. Suponiendo que nosotros queremos cajones de 10" ensamblados en cola de milano, madera de Encino rojo en los lados y madera de Ocote colorado en el frente; Se puede esperar que los lados y el frente permanezcan con el mismo ancho con las variaciones de la humedad relativa en las estaciones climáticas. Partiendo que los cajones están hechos durante el verano, con un CHE de 10 y variación en invierno de 6%, así los cálculos serán de invierno a verano.

Para el frente del cajón : Cont.rad. (Ocote colorado) = 6,21%

$$\Delta D = (10)(0,0621) [(0,10 - 0,06)/0,2684] ;$$

$$\Delta D = 0,621 (0,149) ;$$

$$\Delta D = 0,092'' \text{ alrededor de } 1/11''$$

Para el lado del cajón : Cont.tang. (Encino rojo) = 14,77%

$$\Delta D = (10)(0,1477) [(0,10 - 0,06)/0,2684] ;$$

$$\Delta D = 01,477 (0,149) ;$$

$\Delta D = 0,22''$ alrededor de $1/4''$

Así el ancho del frente del cajón cambia $1/11''$ mientras que los lados cambian $1/4''$, aproximadamente 2.5 veces más, este cambio tendrá que ser predecido desde la razón entre coeficientes de contracción para el Ocote colorado Cr = 6,21% y para el Encino rojo Ct = 14,77%.

PRESERVACION DE LA MADERA .-

La durabilidad de la madera es la resistencia que opone, (debido a los materiales extractivos que se encuentran en las células), este material a la pudrición por hongos o al ataque de insectos u otros agentes destructores. Existen maderas con alta, media y baja resistencia biológica para soportar los ataques de los agentes exteriores, entre las de alta resistencia podemos señalar algunas maderas mexicanas :

NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN
Callophyllum brasiliensi.....	Bari o Santamaria
Cedrela odorata.....	Cedro rojo
Hymenaea courbaril.....	Cuapinol
Manilkara zapota.....	Chicozapote
Astronium graveolens.....	Gateado
Guaicum sanctum.....	Guayacán
Cordia alliodora.....	Hormiguillo
Lanchocarpus castilloi.....	Machiche
Maclura tinctoria.....	Mora
Bucida buceras.....	Pukté

La densidad de la madera es un índice de durabilidad, en razón directamente proporcional respecto a la resistencia, es decir, a mayor densidad presenta mayor resistencia, aunque con algunas excepciones, cada caso debe ser considerado por aparte.

Para aumentar la resistencia se requieren procedimientos artificiales que van desde el secado hasta los tratamientos especiales.

La preservación o inmunización de la madera tiene por objeto modificar la composición química de éste material, haciendolo no apetecible a los organismos biológicos. El efecto protector, se consigue tornando la madera a venenosa o repelente a los elementos biológicos que la atacarían si no estuviera preservada.

Un preservador es tóxico sólo cuando es suficientemente soluble en los líquidos celulares de los agentes biológicos, para que proporcione una dosis letal, como generalmente es el agua, el

preservador debe ser por lo menos soluble parcialmente en agua.

Los preservadores pueden ser clasificados segun su tipo de solvente en, hidrosolubles y oleosolubles, segun sea agua o aceite, los principales y más conocidos son :(Referencia. V, cap I pg 218)

CREOSOTAS	Ordinaria para preservación Líquida a temperatura ordinaria Mezclas de creosota
ORGANICOS	Pentaclorofenol (soluble en aceite) Pentaclorofenato de sodio(sol..en agua) Naftenatos :de Cobre y de Zinc
INORGANICOS	Sal simple(Productos de arsénico,cobre) Sal doble(ácido bórico + tetraborato de sodio + cromo) Multisales :CCA ,dicromáto de potasio + Sulfáto de cobre + Pentóxido de arsénico. CCB ,el arsénico es reemplazado por boro.

Entre los agentes exteriores se pueden considerar como los principales los siguientes: el interperismo, los hongos, los insectos, los taladradores marinos.(Ver Referencia.VI cap.I pg 99).

Métodos de preservación .-

Para un buen tratamiento preservador se requiere que la madera se encuentre en condiciones especiales que varían segun el método seleccionado. Por ejemplo, los procedimientos por ósmosis y difusión, necesitan que la madera conserve toda la humedad posible, para lograr la impregnación de los preservadores salinos en su interior. Todos los otros métodos necesitan que la madera se encuentre seca, es decir, entre el 15% y el 25% de C.H., el agua libre retrasa o impide la entrada de los preservadores y la impregnación que se logra no es completa. Con frecuencia, la madera preservada que no fué previamente secada, necesita tratamientos complementarios para cubrir adecuadamente las partes no impregnadas a causa de la distribución irregular de la humedad. Por otra parte hay que procurar que todos los cortes o perforaciones que se tengan que hacer a la pieza, se practiquen antes del tratamiento, evitando así que se elimine parte del material preservado o que se rompa el anillo que la protege de la acción biológica, ignífuga u otra como el interperismo. Cuando por

alguna razón, esta indicación no se puede cumplir, cortandose o perforandose la madera despues de su tratamiento, se debe reestablecer, lo mejor posible, el anillo protector mediante el agregado de pastas preservadoras.

Cuando se tienen maderas dificiles de preservar, porque éstas son impermeables, se pueden hacer incisiones superficiales, con máquinas apropiadas, para lograr una penetración lateral aceptable, o una mejor distribución del preservador para formar un anillo protector. Por lo general estas incisiones se practican en la zona critica de la madera, es decir, en zonas donde se podria iniciar una podredumbre.

Los métodos de preservación se pueden dividir en tratamientos sin presión y tratamientos con presión.

Tratamientos sin presión :

BROCHA :es el método más antiguo, el más simple y el más utilizado, sólo se recomienda para mantenimiento, dando como resultado una impregnación muy superficial y temporal.

PULVERIZACION :es la aplicación superficial de un preservador mediante un pulverizador; con éste procedimiento, algo de líquido tóxico penetra en la madera por capilaridad, pero la penetración es muy escasa, aunque se empape bien la superficie de la madera, - los preservadores que se utilizan por brocha y por pulverización son generalmente solubles en aceite.

INMERSION :consiste en sumergir la madera en una tina de tratamiento donde se encuentra el preservador. La inmersión puede ser breve o prolongada, pero siempre a temperatura ordinaria. Después de terminado el tratamiento se deja escurrir y secar antes de colocarla en uso, cuanto más tiempo este sumergida mejor impregnación se logra en la madera.

BAÑO CALIENTE Y FRIO :consiste en la inmersión de la madera seca durante unas horas, en baños sucesivos de preservador caliente y relativamente frio. El objeto del baño caliente es la expulsión del aire de las capas externas de la madera y el de evaporar la humedad de la superficie; la duración del baño y la temperatura determinan la eficacia del método, el baño frio hace que el aire y el vapor de agua que permanecen en las capas externas se contraigan, formando así un vacío parcial, para compensar este vacío, la presión atmosférica tiende a forzar el preservador circundante dentro de la madera, en el baño frio se produce la mayor parte de la absorción y penetración. Conviene elevar al máximo permisible la temperatura del primer baño, dependiendo del producto químico; la creosota y el pentaclorofenol, son los que mejor se adaptan a este método debido a que permiten temperaturas de 80 a 100 grados centígrados, la duración del tratamiento puede variar considerablemente según la especie de madera, por lo

general el baño caliente es de 3 o 4 horas y el baño frío de 6 a 8 horas, pero en casos especiales puede durar hasta 24 horas.

Tratamientos con presión .-

En este método de tratamiento, el preservador se aplica utilizando presiones distintas a la de la atmósfera dentro de un autoclave, comprende los métodos de célula llena y célula vacía. Estos métodos tienen ventajas sobre los métodos sin presión, puesto que se consigue una uniforme y mayor penetración dando como resultado una mejor eficacia y adaptación a la producción en gran escala.

CELULA LLENA :llamado también proceso Bethell, consiste en colocar la madera en un autoclave para aplicar luego un vacío inicial, - aprovechando este vacío, se llena el autoclave con la solución preservadora, hasta alcanzar un lleno total, después se ejerce una presión hidráulica especificada, manteniéndola el tiempo suficiente para obtener el grado de tratamiento deseado (retención y absorción), terminando el tratamiento se drena el autoclave y se aplica un vacío final para limpiar la superficie de la carga y facilitar su manejo. En este método se aplican preservadores hidrosolubles (multisales) y las células de la madera quedan con sus cavidades llenas de líquido, que al evaporarse, deposita los componentes químicos activos en las paredes celulares.

CELULA VACIA :Hay dos modalidades en este método, el proceso Ruping y el proceso Lowry. El primero consiste en colocar la carga en el autoclave e inyectar primero aire a presión y manteniendo esa presión se aplica la solución preservadora (creosota) y se bombea hasta alcanzar la presión hidráulica especificada, terminando el tratamiento se efectúa un vacío final.

El proceso Lowry es semejante al anterior con la diferencia de que al principio del tratamiento no se inyecta aire a presión, en este método se emplean preservadores oleo e hidrosolubles y el preservador sólo queda en las paredes de las células y la cavidad central queda vacía.

BIBLIOGRAFIA

- (I).-Central committee on lumber standars, Recommended American lumber standars, reporte del U.S. Departament of comerce, Washigton D.C.
- (II).-R.C. Bryant, "Lumber", segunda edición, John Wiley & sons, New York.1938.
- (III).-Nelson Coortland Brown y Janes Samuel Bethel. "La industria maderera". Editorial Limusa. Quinta reimpresión. México 1983.
- (IV).-Depto. de Ingenieria Industrial de la U. del estado de North Carolina. "Fourniture Manufacturing processes". Raleigh N.C. 1981.
- (V).-Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial. ONUDI. "Industria del mueble y de la ebanisteria para paises en desarrollo". 1972.
- (VI).-idem.
- (VII).-INIREB. LACITEMA. "La madera y su uso en la construcción". No.2. Davalos-Wangaard-Enchenique. Jalapa Ver. 1977.
- (VIII).-Forest Products Laboratory. "Wood handbook, Agriculture handbook No.72. Washigton 1955.
- (IX).-Gonzalez Esparza Victor, Ed. Comunicación verbal. 1962.
- (X).-Ortega San Vicente Jorge."Propiedades fisicas y mecánicas de la madera de Abies Religiosa". Tesis profesional. Chapingo. México. 1962
- (XI).-INIF. Instituto Nacional de Recursos Forestales. "Algunas características fisicomecánicas de la madera de tres especies de la cordillera neovolcánica". Nota técnica No.6.Febrero de 1981.
- (XII).-INIREB. LACITEMA. Nota técnica No.14. "Secado de la madera al aire".

(XIII).-INIREB. LACITEMA. Ncta técnica No.10. "Secadora solar para maderas".

(XIV).-INIREB. LACITEMA. Note técnica No.14. "C.H.E. para maderas mexicanas.

CAPITULO 3 : LA PRODUCCION

LA EMPRESA.

El contenido del presente capítulo, está dirigido al 95% de la industria de fabricación de muebles, comprendida por la micro y pequeña empresa, y a los profesionales o gerentes propietarios encargados de la dirección y planificación de éstas, pues sólo a través de su organización en los dos niveles, a) como gremio importante de la producción nacional y b) como organización interna de las plantas de manufactura, para lograr en primer lugar, pensar como industriales y no como empresas caseras grandes y en segundo lugar, para alcanzar una producción en serie, una productividad aceptable y con calidad una competitividad razonable.

La empresa puede visualizarse como una organización formada por componentes internos, colocada en un medio ambiente que la afecta y éste a su vez, es afectado por ella. La figura 3.1, es una representación de esta entidad y su medio circundante; internamente, la empresa tiene que ver con costos, volumen total de la producción, capacidad física, calidad, capacidad de adaptación y relaciones laborales. El medio ambiente (entorno) mientras tanto, consiste en clientes, vendedores, actividades oficiales de gobierno, fuerzas económicas, factores institucionales y competidores. El equilibrio entre las fuerzas internas y externas es una de las actividades primordiales de sus directores.

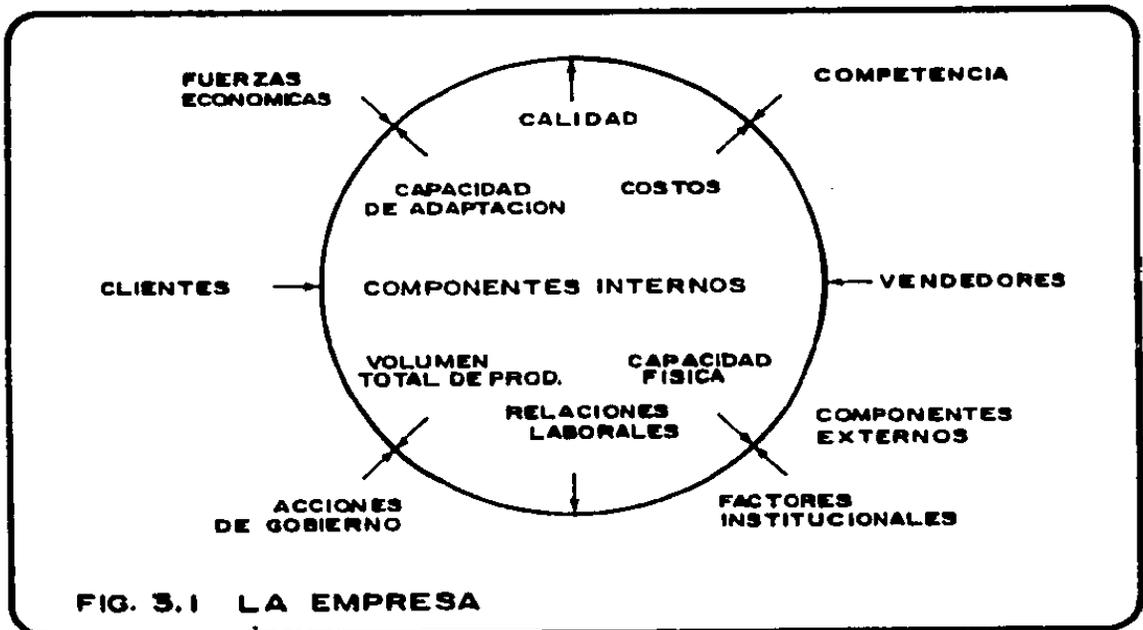


FIG. 3.1 LA EMPRESA

Retomamos la característica principal de las micro y pequeñas industrias, en la mayoría de los casos, son aquellas en el que el dueño o principal accionista, las administra y cuenta sólo con los empleados mínimos necesarios para atender los trabajos de administración, de compras y ventas, además del personal de producción y obreros que operan el equipo. Esto para nuestro estudio es muy importante pero no podemos quedarnos aquí, sino más bien, concebirlas o al menos tratar de convertir las existentes como un elemento de producción organizado de tal forma que sea flexible a los cambios debidos por ampliaciones o fuerzas externas.

TEORIA DE SISTEMAS.

Se introduce aquí el concepto de sistema, en forma muy general, como un ente que recibe algo, lo procesa y lo convierte en un producto, ejemplo de esto son : una lavadora de ropa, un horno, una persona, una fabrica. Ver figura 3.2.

Para entender mejor y considerandolo en forma amplia, la interacción entre si de las diversas funciones de una empresa, vemos la figura 3.3. Este diagrama ilustra algo de la información más importante y del flujo físico que tiene lugar entre las áreas funcionales, así como la manera en que la empresa se relaciona con su ambiente externo. Por ejemplo, el principal contacto con los clientes es a través de mercadeo.

La investigación de mercados reúne información acerca de las necesidades de los clientes y dicha información se emplea en la planeación general, en el diseño del producto y del proceso, y la promoción de ventas. La promoción de ventas a su vez, trata de influir a los clientes con base en la información de mercado, la planeación de producción y el pronóstico de ventas. El embarque, que puede ser visualizado como una parte de la función de producción, y el cobro de cuentas que se considera una operación contable, también interactúan con los clientes. La empresa, también interactúa con otra parte del ambiente externo, sus vendedores.

Específicamente, existe una superficie de separación entre compras, recepción y pago de

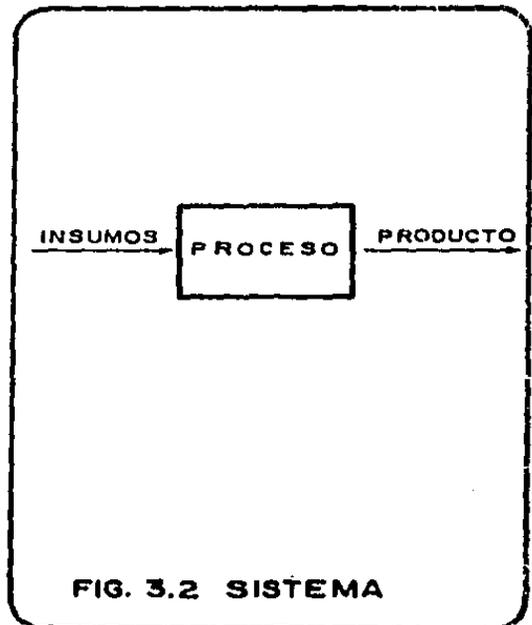


FIG. 3.2 SISTEMA

cuentas por un lado, y los vendedores por el otro. Además, un aspecto de la planeación financiera trata con las fuentes externas de financiamiento. La mayor parte de la empresa tiene que ver con interacciones internas y muchas de ellas quedan bajo la jurisdicción del gerente o director de producción. Debe observarse que aún aquellas funciones que interactúan en forma primaria entre sí, también influyen y a su vez están influidas por las partes más externamente orientadas de la empresa. El concepto de **Planeación de la producción** está en el centro del diagrama, así como se encontraría en la empresa real. Esta es la función que es responsable de la programación de la manufactura de los productos que mercadeo ha vendido. Para ello debe cooperar con promoción y pronóstico de ventas, y puede influir en éstos como resultado de otras consideraciones internas, tales como, restricciones financieras, relaciones con vendedores y capacidad de planta, tanto en términos de mano de obra, como de recursos materiales.

Aunque el diagrama muestra muchas interrelaciones, no presenta todas las consideraciones posibles que bajo el enfoque de sistemas se pueden hacer para una empresa. Deben considerarse también las interrelaciones de segundo y tercer orden, tales como la acción y reacción del diseño del proceso con control de calidad, o la de los pedidos recibidos con compras, o la de la planeación financiera con el inventario de productos terminados.

Mostrar esto, requeriría un esquema más complicado y en condiciones reales, la información y el flujo físico son bastante complicados. En una compañía grande, se pueden tener departamentos separados dedicados a cada una de las funciones que se muestran en el diagrama, pero aún en las empresas pequeñas, en donde un sólo hombre puede realizar varios tipos de tareas, las funciones aún persisten y debe hacerse igualmente un enfoque bajo el concepto de sistemas.

Los empresarios están cada vez más concientes de la necesidad de que cada uno, no sólo el gerente, administrador, sino también, el director de la producción, contadores, jefes de departamento, estén enterados de cómo sus decisiones en sus respectivas áreas funcionales, interactúan y contribuyen a la función total de la organización. Este punto de vista o "filosofía de sistemas", establece metas y mide la efectividad en toda la organización, en términos de cómo el sistema entero alcance un funcionamiento de máxima eficiencia. El punto de vista de sistemas presupone el reconocimiento y el aprecio, por parte de todas las personas, de la forma en que sus respectivas decisiones interactúan; incluye la intención de visualizar el problema completo y podría describirse mejor como un concepto y un juego de actitudes, más bien que un procedimiento técnico para resolver compromisos administrativos.

Estructurar una empresa según el concepto de sistemas no

elimina la necesidad de las funciones básicas de planeación, organización, control y comunicación. Sin embargo, hay un cambio definido en el énfasis, ya que las funciones son realizadas en conjunto con la operación del sistema y no como entidades separadas. En otras palabras, todo gira alrededor del sistema y su objetivo y la función se lleva a cabo solamente como un servicio a este fin.

Al controlar un sistema es importante medir entradas de información, energía y materiales, salidas de productos y/o servicios.

Esto determinará la eficiencia de operación, además, puede ser importante establecer puntos de medición durante etapas críticas o significativas del proceso. Tales mediciones, serán utilizadas principalmente para ayudar a la dirección o para analizar y evaluar la operación y diseño de componentes individuales. El mejor procedimiento, es señalar con toda claridad las excepciones y los cambios significativos; la dirección puede enfocar su atención en estas áreas. Algo importante hay que recordar, es que el control, no es una parte del sistema en proceso sino que es, un subsistema sirviendo al sistema en operación. El control de costos, puede usarse como ejemplo para ilustrar este punto. El contador de costos, entender que su objetivo primario es suministrar información a los directores para controlar los costos, su tarea es informar, valorar y apoyar; nunca limitar, censurar o vetar. El mismo principio se aplica a todo el control que sirve al sistema de operación.

La descomposición de las organizaciones comerciales en áreas funcionales separadas, ha sido un recurso organizativo artificial necesario en vista de las condiciones existentes. Las técnicas de la ciencia administrativa, los procedimientos de simulación por computadora, los sistemas de información-decisión, son unas cuantas de las herramientas que hacen posible a la dirección, visualizar a la empresa como un sistema total. Este principio de sistemas llegará a ser una base primordial de organización para la micro y pequeña industria.

EL SISTEMA DE PRODUCCION.

El presente estudio tiene que ver más profundamente con el sistema de producción en la empresa sin dejar de tener en cuenta los demás sistemas que la conforman. Este sistema tiene que ver con el diseño y la implantación de procesos y métodos para llevar a cabo el trabajo. Es responsabilidad del sistema de producción, la transformación de los insumos en productos deseados con una calidad determinada a un costo mínimo. Deben examinar los objetivos de la empresa y trabajar dentro de las restricciones del sistema para operar más efectiva y eficazmente.

Al emplear la minimización departamental de costos, o pedir

al supervisor que mantenga a su gente ocupada todo el tiempo, se puede lograr sólo metas subóptimas (objetivos óptimos solamente para una sección del sistema), como se señaló, la optimización a niveles de subsistemas no asegura la optimización del sistema total.

INVESTIGACION DEL PROCESO.

Una de las decisiones más difíciles de una empresa, es la que se refiere a los proyectos que deban activarse y los que por el contrario deben archivarse. Obviamente nadie puede asegurar con anticipación cuáles de las ideas se convertirán en un gran éxito. Pero hay otra decisión de investigación que no debe ser dejada a un lado, una que es tan difícil aunque no tan obvia como la de distinguir futuros productos; ésta decisión es si una empresa debe o no asignar una parte de sus fondos para investigación, a la búsqueda de nuevas formas de mejorar sus procesos de producción. Esta investigación de manufactura no se refiere a la serie normal diaria de mejoras sobre una línea existente de producción, sino a un nuevo comienzo para tratar de encontrar una nueva y más eficiente manera de fabricar un producto. Este tipo de investigación tiene como objetivo desarrollar, para la manufactura de un producto existente, un proceso que sea más económico y preciso que el antiguo. La finalidad del investigador de manufactura, entonces, es integrar los muchos pasos de un proceso de producción (bajo el punto de vista de sistemas), dentro de una operación eficiente, confiable y de bajo costo.

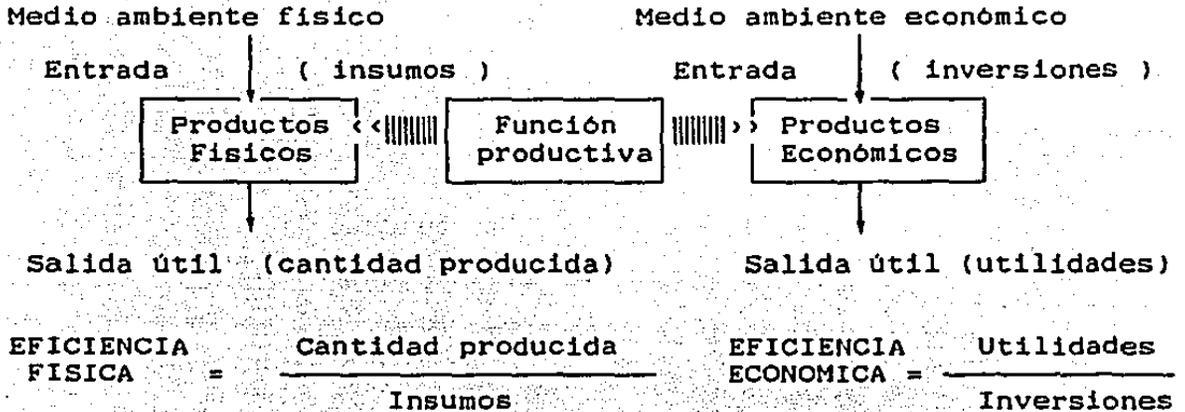
LA PRODUCTIVIDAD.

Este tema es tratado de una manera general y accesible de tal forma que un pequeño industrial lo comprenda fácilmente, y así asegurar su aplicación.

Que es la productividad? La productividad puede definirse de una forma muy sencilla: es una relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtenerla.

Aunque la productividad no es más que una relación aritmética entre la cantidad producida y la cuantía de cualquiera de los recursos empleados en la producción, forma sólo parte del medio ambiente total de la función productiva.

En el medio ambiente económico es de esperarse, que las utilidades tengan un valor mayor que los valores de las inversiones. Esto resulta totalmente distinto a los propósitos físicos o de ingeniería en los que, en el óptimo teórico, la cantidad producida puede ser igual a los insumos de entrada. "a causa de las pérdidas debido al rozamiento y al calor, la salida utilizada en el mundo físico es inferior a la suma de las energías de



(ESQUEMA 3.4)

entrada". Así pues, la eficiencia de un proceso en términos de ingeniería o propósitos físicos es :

$$\text{EFICIENCIA FISICA} = N_f = \frac{\text{Salida útil}}{\text{Entrada}} < = 1$$

"Considerar solamente esta circunstancia produciría la bancarota del mundo económico. Los sectores de producción están relacionados entre sí de muy diversos modos. La eficiencia de un proceso de producción desde el punto de vista de un sistema físico, es susceptible de ser medida en los términos anteriormente expuestos (parte izquierda del esquema 3.4). Al mismo tiempo la administración de la producción está supeditada a criterios económicos (parte derecha del esquema 3.4). En los sistemas económicos, la eficiencia tiene que ser mayor que la unidad para que se puedan obtener beneficios".

$$\text{EFICIENCIA ECONOMICA} = N_e = \frac{\text{Salida útil}}{\text{Entrada}} > 1$$

Para hacer más objetivo, supongamos que medimos la eficiencia física de una fábrica de tableros de madera :

$$N_f = \frac{90 \text{ M3 de tableros}}{100 \text{ M3 de mad. Rollo}} = 0,90 < 1$$

Esto nos dice que por cada 100 metros cúbicos de madera en rollo, la industria obtiene 90 metros cúbicos de tableros fabricados, debido a las pérdidas por rechazo defectuoso de piezas en el proceso.

Si medimos la eficiencia económica de la empresa tenemos :

Ventas = 90 M3 de tableros X \$ 600.000 /M3
= \$ 54.000.000

Costos = 100 M3 de madera en rollo X \$ 424.000 /M3
= 42.000.000

$$Ne = \frac{\text{Ventas (utilidades)}}{\text{Costos (inversión)}} = \frac{54.000.000}{42.000.000} = 1,27 > 1$$

Esto nos indica que por cada peso de inversión la industria obtiene \$ 0,27 de utilidades.

La función productiva debe enfocar ambas actividades : la física y la económica. Es decir, aunque el valor físico de las actividades de fabricación, es el resultado de numerosas fuerzas que actúan reciprocamente, no hay duda de que el desempeño de las actividades en el medio ambiente económico, representa una influencia de importancia superior.

GANANCIA Y COMPETITIVIDAD.

La medición de competitividad de un producto corresponde a la porción del mercado que con éxito sea capturado. Esto depende en gran parte del valor que el cliente esta preparado a otorgarle al producto y la relación de éste valor respecto al precio. Como cliente, el cálculo del valor no es universalmente uniforme, pero está sujeto a preferencias de características, realizaciones, gustos, variación de precios. Un estado de equilibrio se forma cuando el mercado está dividido entre preferencias diferentes, y puede variar si la razón del valor y precio del producto, llega a ser más favorable, cuando se compara con otro producto y así incrementa su porción de mercado y llega a ser más competitivo.

Un equilibrio es ilustrado en la figura 3.5, donde el total de costos incluye, planeación, materiales, gastos generales, almacenaje y distribución. El total de ganancia está determinado por el margen de utilidades por unidad y por el volumen de ventas. Si la organización busca incrementar éstas utilidades, puede tratar con uno de los siguientes métodos :

a) Incrementar el margen de utilidad por unidad, por lo tanto el precio de venta, pero dejando los costos de producción fijos. Si esto no afecta el volumen de ventas, el total de utilidades será proporcional al incremento en el margen de utilidad por unidad.

Con éste incremento sin embargo, puede generar una variación en el equilibrio del mercado desfavorable, la relación de clientes

y valor del producto con el precio, será deteriorada y los productos de los competidores serán más atractivos, el mercado puede contraerse y el total de ganancia, lejos de alcanzar un incremento puede en casos extremos caer abajo del nivel original.

b) Dejar el costo total fijo, tratando de mejorar la relación de valor y precio y de ésta forma ampliar el mercado. Esto puede hacerse (1) por la fabricación de un producto mejor o más atractivo con el mismo costo o (2) por el lanzamiento de una gran campaña en orden a estimular los clientes valorizando, el costo del producto o (3) reduciendo el precio de venta, obteniendo menos

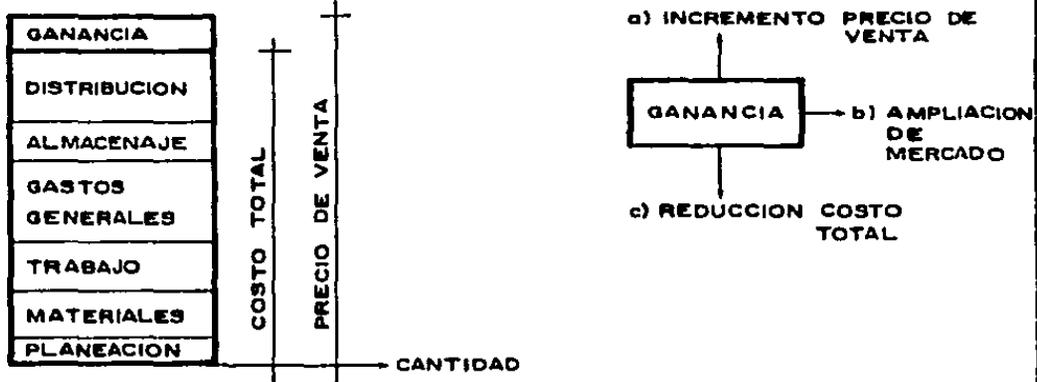


FIG. 3.5 METODO PARA INCREMENTAR GANANCIA

utilidad por unidad, esperando que el mercado se amplie para lograr una mayor utilidad.

c) Reducir los costos de producción, pasando a beneficiar a los clientes en la medida que se reducen los precios de ventas. Si las utilidades por pieza y el tamaño del mercado se incrementa, un mejoramiento sustancial en el total de utilidades será alcanzado.

Esto puede llamarse una búsqueda continua para encontrar el mejor método, mejor proceso, mejores materiales y su utilización, mejorar administración y reducir los gastos generales. Existen sin embargo, varias limitaciones a la relación de mejoramiento, como son, costos de materiales, limitados recursos, gastos de crédito o nuevas máquinas y equipos. Los mínimos requerimientos de calidad deben ser estudiados y su respectiva reducción de

costos.

La reducción de los gastos de producción y la expansión del mercado, manteniendo unos aceptables estándares de calidad, ofrece un reto a la ingeniería de producción. Probablemente la mejor característica de éste proceso es la de ser dinámica y continua, según se muestra en la figura 3.6, que cada evento es un razgo de avance a lo largo de la espiral de crecimiento de la productividad y los estándares de vida.

SISTEMAS DE PRODUCCION.

SELECCION DEL PROCESO.

La selección del proceso de producción, será principalmente determinada por consideraciones tecnológicas con el fin de asegurar los siguientes objetivos :

-Obtener la forma del material lo más cercanamente posible a la forma y dimensión deseada, con el mínimo de, material, tiempo de máquina y horas de trabajo.

- Obtener la óptima calidad, tanto en las piezas como en los ensambles.

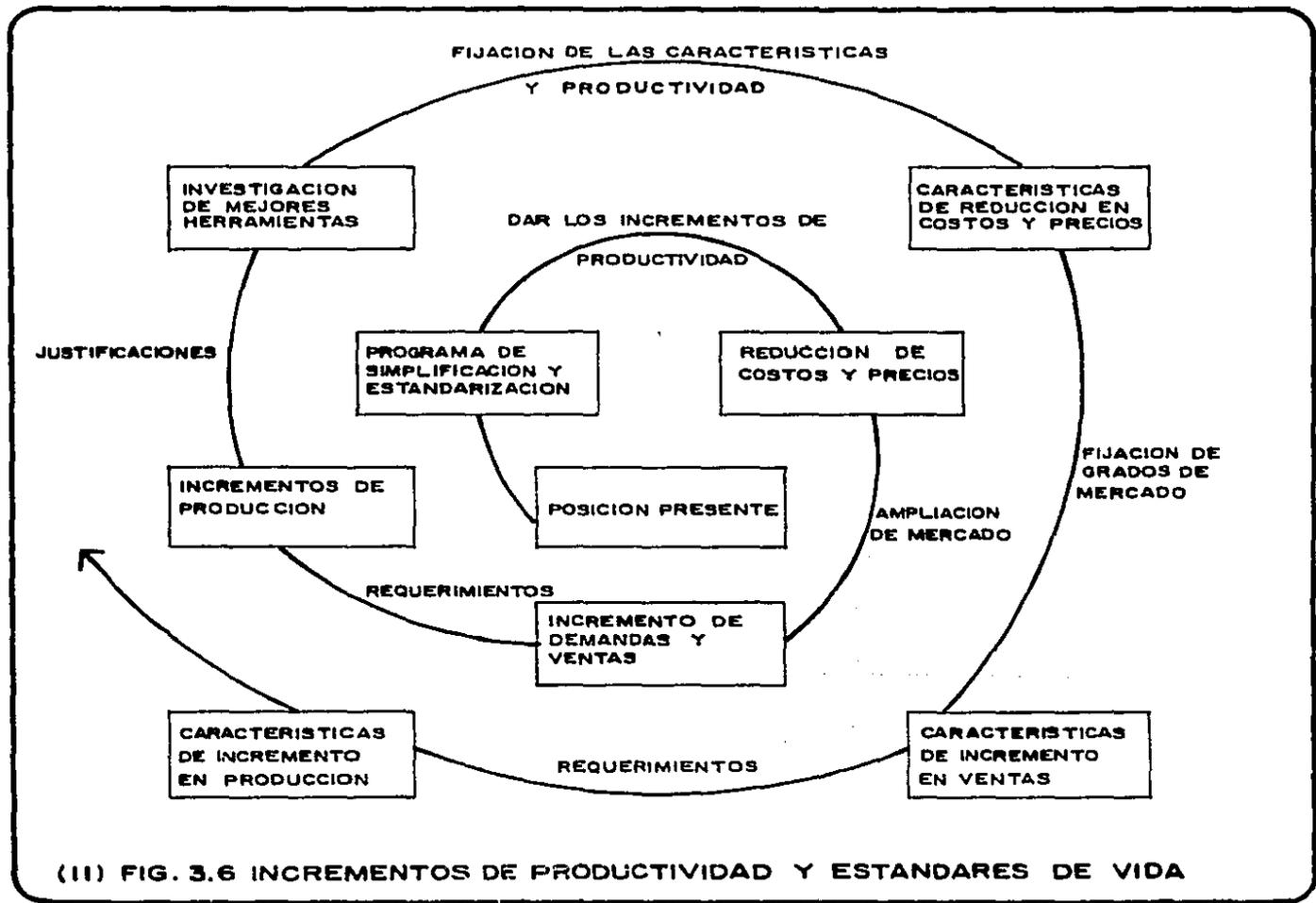
-A mejorar las propiedades del material, por ejemplo, por tratamientos de calor o por la adición de otros materiales,- (recubrimientos).

No se intenta aquí, describir la variación de cada proceso de producción en uso y a relatar las ventajas de cada uno de ellos; ésto requeriría otro estudio y por lo tanto el lector estará abocado a profundizar en varios de los títulos enunciados.

Obviamente si sólo un proceso es capaz de producir las características requeridas, la decisión se limita a precisar si el componente será producido en la planta o será comprado al abastecedor, la decisión final será dependiente de los costos comparativos entre la producción en planta contra los costos del abastecedor. Usualmente, sin embargo, el componente puede ser hecho por varios métodos, A, B, C, etc., tan variados como por, elaboración de dispositivos dentro de la planta, por subcontratos, o por nuevas instalaciones (ampliaciones de la planta), aquí es necesario decidir si :

1.-Cuáles son las calidades funcionales del proceso en análisis, aparte de los requerimientos mínimos en las especificaciones y cual es el costo adicional.

2.-Cuánto hace el proceso, comparado en costos y en rangos de producción, y cual es su valor. Esto es usual cuándo el



proceso tiene que ser revaluado debido al cambio de condiciones, cuando el proceso mejor no puede ser puesto en operación, debido a la sobrecarga de la planta o a la renuencia de la dirección a subcontratar los componentes por seguridad.

3.-Bajo qué condiciones es aconsejable incrementar la capacidad de la producción central por adquisición de un equipo adicional, cuando los tiempos de operación de la máquina de un proceso secundario resultan ociosos o tienen que ser desperdiciados.

Evidentemente el valor del análisis del proceso de producción es muy útil, pero el proceso definido como el mejor, sólo lo es bajo condiciones ideales. En el final del análisis total, los factores operacionales relacionados con las circunstancias imperantes en la planta tienen que ser tomadas en cuenta. La disponibilidad del tiempo de máquinas, la carga en los almacenes y las fluctuaciones en los registros de operación, posibilidades de expansión, ofertas de subcontratistas, ofertas de la competencia, políticas de subcontratos, (aquí hay varios factores que deben de ser evaluados y puede suceder que lo que es mejor para una planta no lo es para otra); aparte de nuevos procesos y nuevos materiales, lo cual puede revolucionar la producción o iniciar una mejor aproximación a los problemas de la producción, un factor que afecta en mayor proporción la selección de métodos (y algunas veces de los materiales) es la cantidad de producción; el efecto de la cantidad sobre el análisis económico, supone que en el primer análisis de los tres procesos de los tres procesos, (1, 2, 3) están considerados convenientemente desde el punto de vista de las características del producto y el punto de equilibrio representado en la figura 3.7. El costo fijo está tomado por C_1 , C_2 , C_3 , respectivamente, pero el costo variable de producción decrece cuando el costo fijo se incrementa, debido al incremento de la tasa de producción.

Asumiendo que los tres procesos están disponibles y la capacidad no afecta el análisis en éste ejemplo, es adoptada la siguiente regla :

Q = la cantidad a ser producida cuando

$Q < Q_{1-2}$...utilizar el proceso 1 cuando

$Q_{1-2} < Q < Q_{2-3}$ el proceso 2 cuando

$Q_{2-3} < Q$...utilizar el proceso 3

Para casos especiales, $Q = Q_{1-2}$, o $Q = Q_{2-3}$, la decisión será tomada de acuerdo a los desarrollos futuros. Si ahora $Q = Q_{1-2}$ pero existen indicadores que las cantidades probablemente serán incrementadas en el futuro, será adoptado el proceso número 2 y así sucesivamente.

Suponiendo que la cantidad a producir está entre Q_{1-2} y Q_{2-3}

y que el proceso 2 ha sido seleccionado y el mercado tiende a ampliarse un poco, excediendo Q2-3 y de acuerdo al análisis inicial, será adoptado el proceso 3 por ser el más económico.

Un factor adicional a considerar, es el efecto de la experiencia y los conocimientos adquiridos. Durante el periodo de operación del proceso 2, mejores métodos pueden ser desarrollados y los operadores de las máquinas pueden desarrollar destrezas en su trabajo llevando a cabo la situación mostrada en el gráfico 3.6, donde 2 es la evaluación inicial del proceso 2 y 2~ es la evaluación actual. El punto de equilibrio es trasladado a Q2~-3, así en un gran volumen de producción requerido, puede ser que el proceso 2, amplie sus beneficios para ser suficiente.

En situaciones similares puede surgir que en una reevaluación revela que existen procesos que han dejado de ser el mejor y que otros pueden serlo.

TIPOS DE PRODUCCION.

Para el pequeño fabricante de muebles es importante definir el tipo adecuado de producción porque a) tiene un margen muy limitado para errores estratégicos y b) cada tipo hace demandas únicas de su tiempo y habilidad como propietario gerente.

La principal característica que utilizamos aquí para identificar el tipo de producción es el **flujo de los materiales** en el centro de fabricación, aunque la clasificación puede hacerse utilizando muchas bases diferentes, por ejemplo de las más utilizadas son :

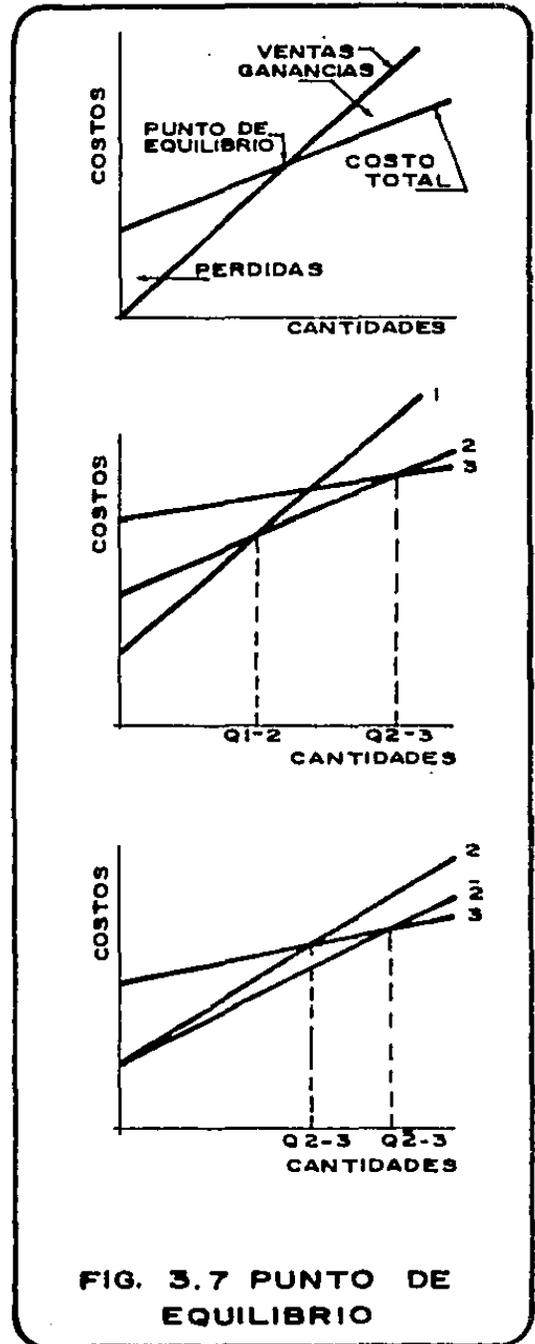


FIG. 3.7 PUNTO DE EQUILIBRIO

1.-Por el volumen de flujo, de acuerdo a la cantidad de material en circulación ejemplo: producción en masa, producción en serie etc.

2.-Por la diversidad de productos, ejemplo: muchos productos diferentes, muchos productos similares, un producto especial.

3.-Por el tipo de producto, ejemplo: Muebles de cocina, muebles de sala, muebles de oficina etc.

4.-Por el tipo de proceso, ejemplo, muebles de madera sólida, muebles con tableros prefabricados, muebles combinados, etc.

5.-Por el tamaño del producto, ejemplo: barcos, casas de madera, libreros, sillas.

Ninguna de las anteriores nos identifica la forma del flujo del material y por lo tanto conviene contar con una clasificación basada en esta característica, la cual puede ser:

- 1.-Tipos de sistemas de flujo
 - a) Sistema de flujo en línea
 - b) Sistema de flujo en grupo
 - c) Sistema de flujo funcional
 Ver clasificación pag.151

2.-Variables de flujo de material.

- a) Cantidad y frecuencia de lote, es decir:
 - I) Cantidad y frecuencia de las ordenes
 - II) Cantidad en curso y frecuencia
 - III) Cantidad de preparación y frecuencia
 - IV) Cantidad de transferencia y frecuencia
- b) Ciclo único o múltiple
- c) Fase única o múltiple

Ver flujo de materiales pag. 140

Aún con éste tipo de variables la clasificación daría cientos de tipos, y además en la pequeña industria se manejan por lo general varios tipos de producción combinados y explicaremos los que posiblemente sean de mayor utilidad para estas empresas.

Antes de explicar los tipos de producción es conveniente detallar las características generales que intervienen en dichos tipos.

FLUJOS DE MATERIALES.

En general es la forma como circula el material, desde que es materia prima hasta que se convierte en producto terminado. Lo interesante de esto es que es el hombre quien crea estas circulaciones. Existen varias soluciones tradicionales, correspondientes a ciertas situaciones comerciales, volúmenes de producción y tipos de productos terminados, adoptados cada vez que se presentan estas situaciones. La evolución de estas soluciones tradicio

nales no ha sido lineal, ya que es el resultado conjunto de las ideas de especialistas independientes en diseño, planificación y distribución.

Las características del flujo de materiales, pueden modificarse en todo sistema haciendo variar los valores originales asignados a la cantidad de los lotes o cantidad por lote a la frecuencia de los mismos y a la fase.

I.-Cantidad y frecuencia de lote.-La mayor parte de los flujos de materiales que se dan en la producción se realiza en lotes y generalmente existe una gran variedad de tamaño de estos lotes y de los intervalos de tiempo que los separa entre si, o sea existe gran variedad de **cantidades y frecuencias** de los lotes.

Como ejemplo, la tabla 3.1 ,presenta algunas de las 1200 posibles combinaciones de cantidades y frecuencias de lotes que pueden utilizarse para alcanzar una producción de 1200 piezas, suponiendo que el tamaño máximo del lote no pueda exceder de la producción de un año. El volumen de producción (o volumen de flujo), es igual al producto de la cantidad de lote por la frecuencia del mismo ($V_p = C \times F$), por esta razón el V_p se mantiene constante, en éste caso de 1200 unidades por año.

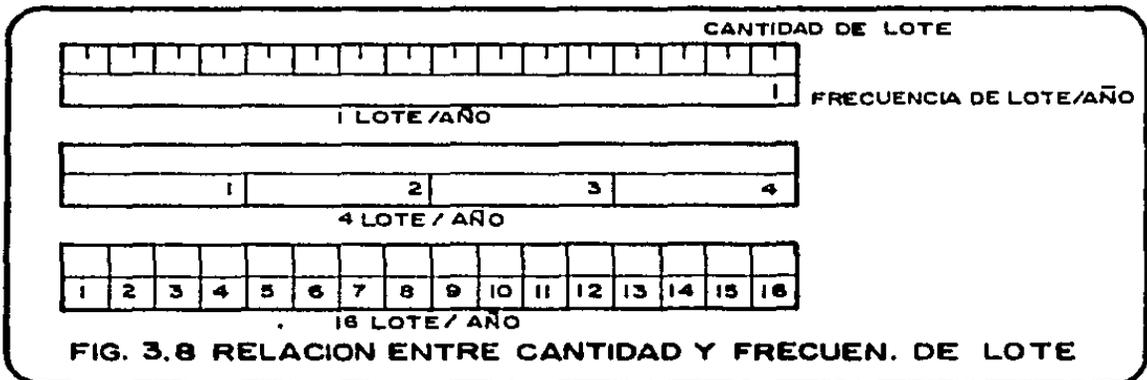


FIG. 3.8 RELACION ENTRE CANTIDAD Y FRECUEN. DE LOTE

Como puede verse en la figura 3.8, la relación entre cantidad y frecuencia de lote es constante. La escala de cantidad de lote es uniformemente progresiva, pero sin números, porque éstos varían de acuerdo con el V_p anual. La escala inferior es siempre la misma; 15/16 de la variación total de las cantidades de lote abarcan unas frecuencias comprendidas entre un sólo lote anual y 16 lotes anuales y el otro dieciseisavo incluye a todo el resto de las posibles frecuencias.

II.-Frecuencia de la cantidad de lote. Hay muchas formas de agrupar en lotes a los diferentes elementos fabricados, originando efectos económicos también diferentes, las cuatro variantes principales son :

1.-La cantidad por orden, o cantidad incluida en un pedido u orden de fabricación.

2.-La cantidad en curso, o cantidad procesada de un modo consecutivo o un centro de producción, sea en un periodo de trabajo o bien en varios sucesivos.

3.-La cantidad de preparación, o número de piezas (no necesariamente iguales) procesadas en un mismo centro de producción sin necesidad de cambiar la preparación de las máquinas.

4.-La cantidad de transferencia, o cantidad transportada en un sólo lote de uno a otro centro de producción.

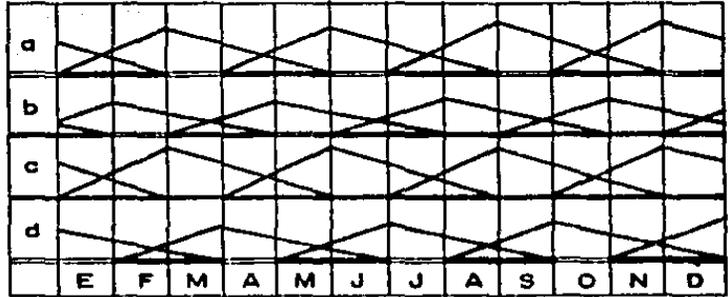
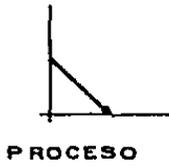
Como ejemplo, consideramos los siguientes datos de una pieza en un taller :

1. Cantidad de orden : 12.000 . suministro para un año.
2. Cantidad en curso : 2.000 , para seis veces anuales.
3. Cantidad de preparación :
 - orden de proceso 1 : 2000 , para máquinas normales utillaje (plantillas).
 - orden de proceso 2 : 3600 , para máquinas especiales, (tornos), paradas entre cada proceso de fabricación.
 - orden de proceso 3 : 2400 , preparación para familias de 50 piezas diferentes.
4. Cantidad de transferencia :
 - De almacen a orden de proceso 1 : 1000, una salida por mes.
 - De almacen a O.P.2 : 300 , una salida por mes.
 - De O.P.1 a O.P.2 : 4 , las máquinas son adyacentes, 500 piezas por transporte.
 - De O.P.2 a O.P.3 : 8 , 300 piezas por transporte.
 - De O.P.2 a almacen : 2 , transporte de 600 cada uno, 1200 piezas que no van a 3.
 - De O.P.3 a almacen : 4 , transporte 4 veces 600 piezas.

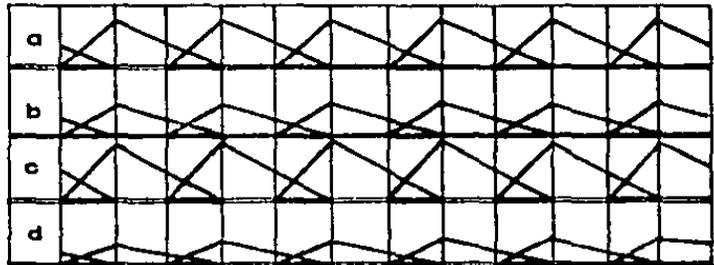
III.-fase de ordenación. Otra forma de decir que las piezas tienen diferentes frecuencias por orden, es decir, que tienen diferentes ciclos de ordenación, y viceversa, si todas las piezas tienen el mismo ciclo, esto significa que tienen la misma frecuencia.

Por otro lado, la relación entre ciclos de ordenación de las diferentes piezas, influye considerablemente en las características del flujo de materiales.

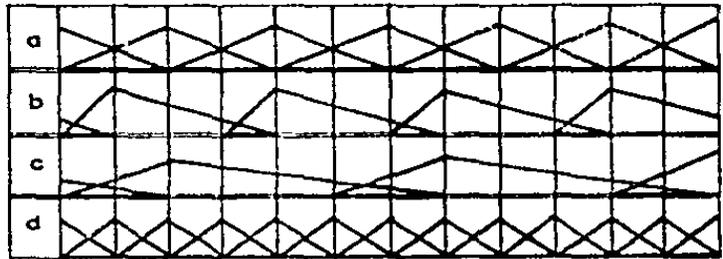
Existen tres tipos principales de relación ilustrados en la figura 3.9, los cuales son :



c) FASE UNICA Y CICLO UNICO



a) FASE MULTIPLE Y CICLO MULTIPLE



b) FASE MULTIPLE Y CICLO UNICO

FIG. 3.9 RELACION ENTRE CICLOS DE ORDENACION

a) **flujo de fase única y ciclo único.** En este tipo de flujo todos los artículos que han de utilizarse juntos durante un periodo de tiempo determinado, (para la venta o el montaje), son lanzados a fabricación el mismo día para ser terminados también en la misma fecha. Es decir, las frecuencias de los ordenes de todos los artículos son iguales y sus ciclos de ordenación están utilizando una expresión de la teoría de ondas en "fase", porque todos ellos comienzan y terminan las mismas fechas. Este tipo de flujo propio de los sistemas de ordenación llamados "control de lotes periodicos" y de "control de lotes estandar".

b) **flujo de fase múltiple y ciclo múltiple.** Este es un tipo de flujo en el que la cantidad y la frecuencia de ordenación y, por lo tanto, los ciclos de ordenación de cada pieza o componente son diferentes y por esta razón los ciclos están desfazados.

c) **flujo de fase múltiple y ciclo único.** En este tipo de ciclo todas las piezas tienen una misma frecuencia de emisión de ordenes pero no se pretende mantener en fase los ciclos.

Como puede observarse, la fase depende de la relación entre los ciclos de ordenación y no de los ciclos de proceso.

LAS EXISTENCIAS.

Una de las características del flujo de materiales, es que genera existencias. La forma en que se generan y varían a lo largo del tiempo son :

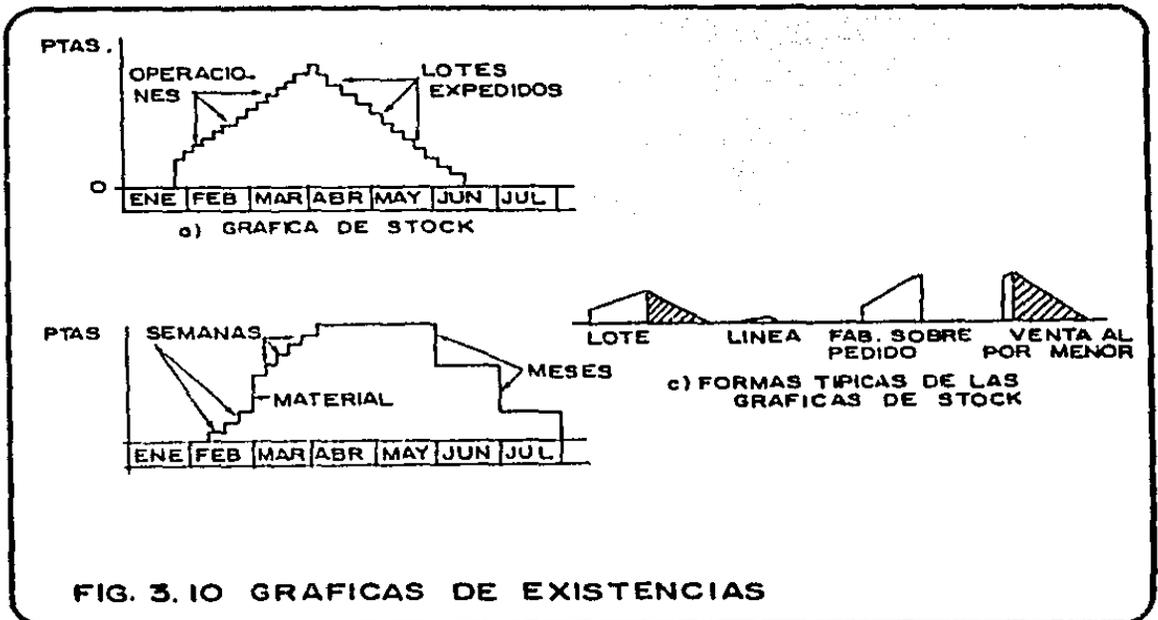
I. Características del lote.

Los lotes individuales de material que constituyen las unidades del flujo de materiales dan lugar a unas existencias y a un circulante inmovilizado que varían a lo largo del tiempo; comienzan en cero, van creciendo hasta alcanzar un valor máximo al término del proceso y descienden después hasta cero, cuando todas las unidades del lote han sido expedidas. En la figura 3.10, se representa una gráfica típica de existencias de un lote de material, junto con la gráfica del circulante inmovilizado correspondiente, éste último, basado en un crédito mensual para las compras y ventas. Suponiendo las cantidades de los ordenes y del proceso en curso iguales.

Las principales variables que determinan la forma de estas gráficas de lote, son:

1.-El periodo de consumo, o periodo de tiempo transcurrido entre la terminación del trabajo del lote y la fecha de agotamiento de las existencias.

2.-El periodo de fabricación, o tiempo de permanencia, que es el



transcurrido desde la salida de los materiales de almacén hasta la terminación del trabajo realizado en el lote. Este periodo viene determinado, en parte por los tiempos estándar de las operaciones, pero, sobre todo por la cantidad de transferencia utilizada al pasar los materiales por las diferentes operaciones de uno a otro centro de producción.

Si la cantidad de transferencia es igual a la de proceso, una operación sólo puede comenzar cuando termina la anterior, si se reduce la cantidad de transferencia, no es necesario esperar a que termine una operación para iniciar la siguiente y por consiguiente el periodo de fabricación disminuye.

3.-El tipo de preparación de los materiales, o período transcurrido entre la emisión de una orden y la salida de los materiales del almacén; depende principalmente de la eficiencia administrativa.

4.-El valor de las existencias del producto terminado, o medida del valor de costo de las existencias; depende de los costos del material, la mano de obra y las cargas indirectas y evidentemente, de la cantidad elegida para la orden.

II. El promedio de las existencias.

Son generadas por un flujo de material dado, dependen en parte de la forma de las graficas de existencia del lote y en parte de los tiempos correspondientes.

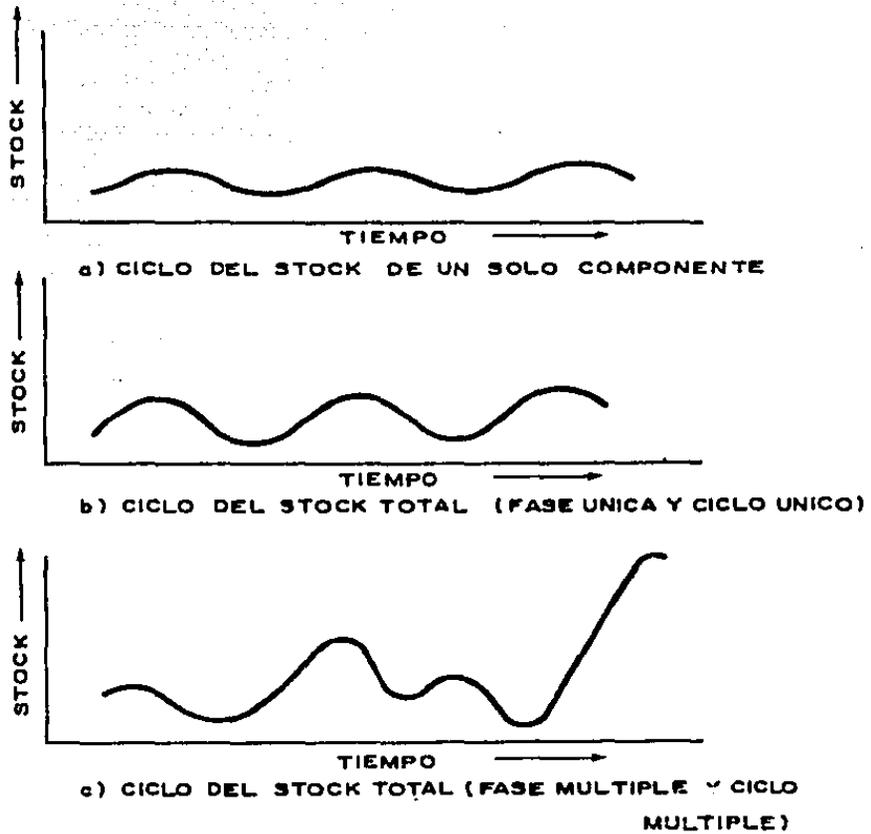


FIG. 3.11 CICLOS DE STOCKS

Las existencias dependen de:

- 1.-La continuidad del consumo.
- 2.-La eficiencia de la programación y los retrasos.
- 3.-La cantidad del lote (cantidad en curso), y su frecuencia.
- 4.-La razón entre el período de fabricación y período de consumo.
- 5.-Las existencias mínimas (margen de seguridad).
- 6.-Los cambios de flujo.

Es de señalar que las variantes de cantidad de lote descritas, sólo la cantidad en curso y la cantidad de transferencia (que determina en gran medida el tiempo de fabricación o permanencia), influyen directamente en las existencias. Los cambios en la cantidad de los ordenes, sólo influyen indirectamente en las existencias, si las previsiones en las que se basa, resultan ser erróneas y aparece una obsolescencia. Los cambios de la cantidad de preparación de las máquinas no afectan directamente las existencias, aunque pueda parecerlo así en el caso de que esta cantidad coincida con la cantidad de procesos.

La fase de ordenación tiene una influencia importante en las existencias debido a que resulta más sencillo conseguir una eficiencia óptima con el mínimo de retrasos cuando se utiliza un sistema, de fase única; los sistemas de fase única son más eficientes con cantidades de proceso menores y frecuencias mayores que los sistemas de fase múltiple; y además, los sistemas de fase única admiten tiempos de permanencia mucho menores que los de fase múltiple.

III. Los ciclos de las existencias.

La variación de las existencias esta de acuerdo con la forma de las gráficas, siguiendo un ciclo como el indicado esquemáticamente en la figura 3.11. El primer diagrama corresponde a la variación en el caso de una sola pieza o componente; el segundo representa la variación total de todos los componentes, en el caso de flujo de ciclo único y fase única, y el tercero la variación total de un flujo de ciclo múltiple y fase múltiple.

LA CAPACIDAD.

Los sistemas de flujo de los materiales tienen como cualquier otro sistema de flujo, una capacidad es decir, admiten un volumen máximo de flujo. La capacidad varía considerablemente de acuerdo con los cambios de las características del sistema y normalmente, viene limitada por una restricción especial situada en algún punto concreto del sistema.

La capacidad puede subdividirse:

1.- Capacidad de las instalaciones:

Es el volumen máximo de flujo admitido por las instalaciones

existentes, dadas unas condiciones determinadas de flujo. Ver figura 3.12, La capacidad de las instalaciones depende principalmente de las decisiones de planificación de producción y diseño de accesorios, que afectan a los tiempos de trabajo en los diferentes centros de producción, los tiempos preparación de las máquinas y la distribución de las cargas entre los diferentes elementos de la instalación. Depende también del número de horas trabajadas y de una eficiente utilización de las mismas; ésta puede ser mejorada por ejemplo mediante estudios de métodos y tiempos.

2.- Capacidad de la mano de obra:

Es el volumen máximo de flujo que puede ser manejado por la mano de obra existente. Depende también de todos los factores que influyen en la capacidad de las instalaciones, pero es menos sensible a la distribución equilibrada de la carga, siempre que la mano de obra puede ser trasladada de unos centros de producción a otros.

3.- Capacidad de capital:

Es el volumen máximo de flujo que puede ser atendido con el capital o recursos financieros disponibles de la empresa. Esta capacidad depende sobre todo, de las características del flujo de materiales y particularmente, de la cantidad y frecuencia de los

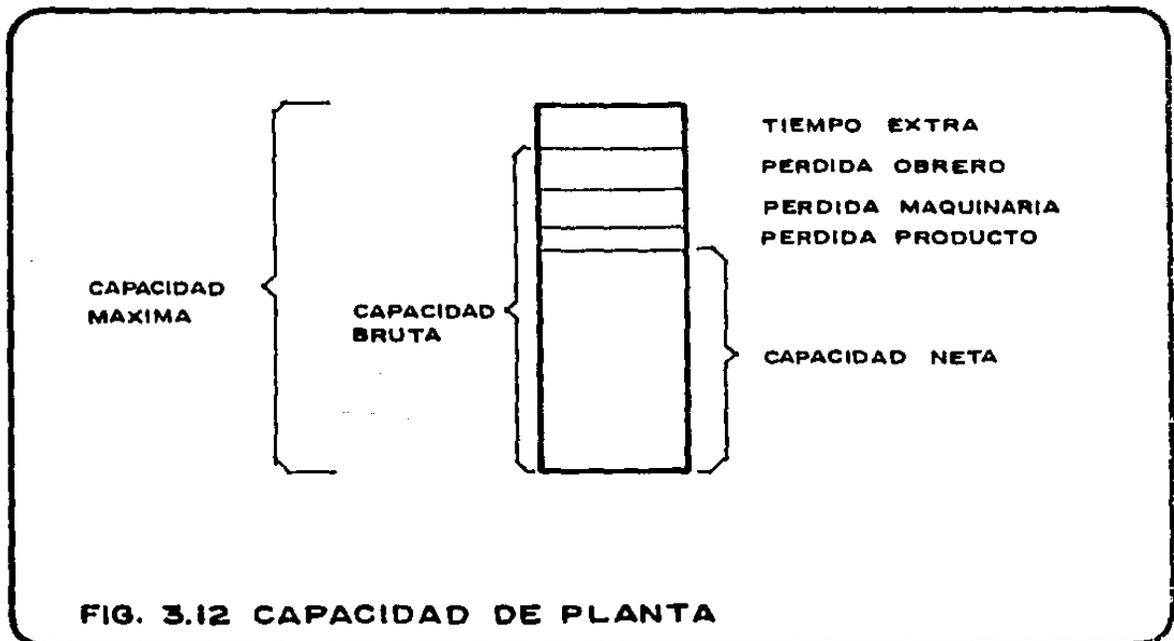


FIG. 3.12 CAPACIDAD DE PLANTA

lotes. Depende también en parte, de la relación entre el crédito concedido a las ventas y el conseguido para las compras.

LOS ALMACENES.

Un almacén es un lugar en el que se conservan las existencias. Las características del flujo pueden variar de una sección a otra. Las principales razones por las que se aconseja instalar almacenes que dividen el flujo de materiales son:

- 1.- El almacén protege la oferta de materiales de las variaciones imprevistas de la demanda y viceversa.
- 2.- El almacén es un centro apropiado para dividir o combinar operaciones.
- 3.- El almacén puede ser un punto de cambio de frecuencia al recibir materiales con una determinada y expedirlos con otra diferente.
- 4.- El almacén puede ser un punto de cambio de fase al recibir suministros de fase múltiple y reexpedirlos en lotes de productos o conjuntos de montaje de fase única.
- 5.- El almacén reduce el tiempo de atención o servicio a las existencias finales.

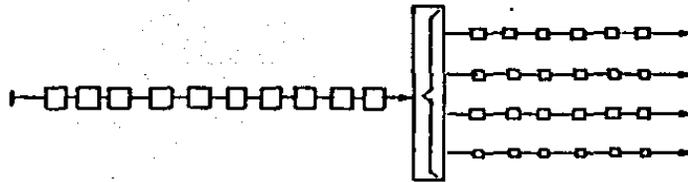
La mayoría de los almacenes realizan en la industria las funciones antes descritas; no existe sin embargo, reglas universales respecto al empleo de almacenes en unos puntos determinados del flujo de producción. Cada caso debe ser considerado aisladamente, la industria tiene cierta tendencias a considerar que los almacenes son elementos auxiliares necesarios para la producción pero la verdad es que un flujo ininterrumpido es siempre más eficiente que otro intermitente, lo cual quiere decir que si se pueden evitar los almacenes es mejor, ya que éstos se convierten en la mayoría de las veces en monumentos al control ineficiente del flujo de la materia prima.

La figura 3.13, muestra cuatro tipos de cambio de flujo efectuados normalmente en un almacén. Los diagramas muestran el flujo de los lotes (representados por cuadros) en relación al tiempo revelando la forma en que se modifica, en cada uno de estos cambios, el tamaño y la frecuencia de los mismos.

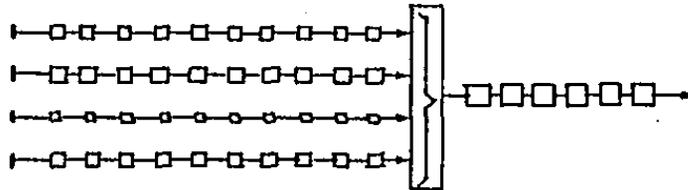
CLASIFICACION.

I.-Producción en línea.

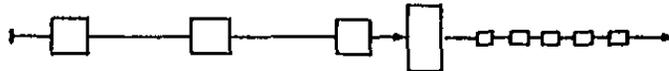
Las principales características de la producción en línea son el empleo de la distribución en línea de la maquinaria y la minimización de la cantidad de transferencia. La producción en



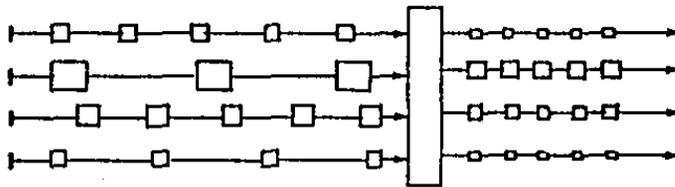
a) OPERACIONES DE DIVISION



b) OPERACIONES DE COMBINACION



c) CAMBIO DE FRECUENCIA



d) CAMBIO DE FASE

FIG. 3.13 CAMBIO DE FLUJOS REALIZADOS POR ALMACEN

línea. puede ser utilizada en todas las industrias, para la mecanización y el montaje. En su sentido más general, puede incluir algunos de los tipos de producción descritos a continuación, pero en su estricto sentido, se refiere a los casos en los que se emplean las líneas para un producto especial ya establecido; los centros de producción o puestos de trabajo, en éste caso permanecen continuamente preparados y por esta razón las frecuencias de proceso y de preparación son muy bajas; las máquinas están unas a continuación de otras en línea, por lo que las cantidades de transferencia pueden llegar a ser de una unidad y las frecuencias de transferencia son por lo tanto, muy altas.

II. Producción en lotes por línea.

La distribución en línea puede emplearse también, para familias de piezas similares, de diseño establecido, cuyos accesorios de trabajo permiten utilizar las mismas máquinas o línea de montaje con una misma frecuencia. En este caso, los lotes de las diferentes piezas se suceden a lo largo de la línea, volviéndose a preparar cada una de las máquinas al terminar la última pieza de un mismo proceso. La cantidad de transferencia es también mínima, pero su frecuencia no es tan alta como en la simple producción en línea. Las capacidades de las diferentes estaciones están equilibradas de acuerdo con las cantidades totales de todas las piezas, pero debido a la diferente utilización de la capacidad de las estaciones de la línea por cada tipo de pieza, es normal que aparezcan unas existencias fluctuantes de trabajos en curso en unas y otras máquinas.

III. Producción rígida en masa.

Es empleada por empresas que producen líneas de productos escasas pero uniformes en grandes cantidades para mercados específicos.

Se caracteriza por :

- 1.-Grado relativamente elevado de especialización en términos de líneas de productos manejados.
- 2.-La sofisticación de la maquinaria y el equipo utilizados.
- 3.-El empleo de operadores de maquinaria más que de obreros especializados.
- 4.-Mayor ritmo de producción.
- 5.-Cantidades relativamente grandes de series.
- 6.-Atención centrada en la comercialización más que en la producción.
- 7.-Los productos finales, las herramientas, patrones y materia-

les, son normalizados y uniformes.

Presenta la desventaja de requerir elevadas existencias y por consiguiente bastante espacio para almacenar materias primas, productos semiterminados y terminados.

IV. Producción en línea por pedido.

Se caracteriza porque el diseño del producto es desconocido hasta que se recibe el pedido del cliente. En los casos en que se da una especialización en el tipo de productos, para los que se aceptan los pedidos, es posible realizar la producción en línea; con éste tipo resulta más difícil conseguir una línea equilibrada y generalmente se recurre a horas extras, variables para diferentes partes de la línea para mantener el equilibrio y minimizar las existencias.

V. Producción flexible en masa.

Se caracteriza por la fabricación de piezas intermedias, que pueden intercambiarse para producir una variedad de productos en gran cantidad; tanto las piezas como los productos finales, se normalizan en la producción con el fin de permitir una gran gama de productos. Permite la especialización en la producción de piezas. Como este tipo de producción puede ser atractivo para la pequeña industria, se presenta el ejemplo de la empresa que fabricaba una gama relativamente limitada de mobiliario de oficina, se especializó en la producción de tableros de mesa y subcontrató la fabricación de las patas. Cada uno de los subcontratistas, suministraba a la empresa de uno a tres tipos diferentes de patas con diversos materiales, (acero cromado, anodizado, etc.), la empresa ahora ensambla las patas a la pequeña variedad de tableros y con las diversas combinaciones, ofrece diferentes productos. Otras empresas fabrican piezas de mobiliario totalmente desmontadas para su posterior ensamblaje.

La aplicación de este tipo requiere un análisis a profundidad de las líneas de productos, con el fin de determinar la pauta y la lógica de la gama fabricada. Una vez establecido, facilitará la producción del número mínimo de partes comunes necesarias para generar el número máximo de productos terminados.

VI. Producción por lotes en grupo.

Se caracteriza por la distribución en grupos de la maquinaria, todas las operaciones de mecanización para cada pieza de la familia por grupos, son controladas por un supervisor y algunas operaciones pueden comenzar antes de que terminen las anteriores, aunque no es posible alcanzar altas frecuencias de transferencia.

VII. Producción en grupo sobre pedido.

Se utiliza la distribución en grupo y cada uno está prepa-

rado para fabricar un tipo general de producto según sea el pedido.

VIII. Producción funcional por lotes.

Se caracteriza por la distribución funcional de la maquinaria, de acuerdo al proceso que realizan, (tornos juntos, taladros juntos, etc.), a causa de la complejidad administrativa de este tipo de distribución es esencial que las cantidades de cada orden, proceso, preparación y transferencia, sean iguales para cada tipo de pieza fabricada, lo que genera una tasa muy baja de rotación de las existencias.

IX. Producción funcional sobre pedido.

Se trata de una producción sobre pedido que utiliza la distribución funcional de las máquinas.

X. Producción por encargo.

Empleado por la mayor parte de los pequeños fabricantes de muebles, consiste en la producción de piezas de mobiliario fabricadas a medida, con arreglo a las necesidades particulares de los compradores. Se caracteriza por :

- 1.-Bajo volumen de pedidos.
- 2.-Alta necesidad de trabajadores y variadamente cualificados.
- 3.-Uso extensivo de máquinas y equipos universales.
- 4.-Baja productividad por trabajador con gran diversidad de diseños por producto.
- 5.-Las empresas no alcanzan un grado elevado de especialización.
- 6.-Las empresas registran grandes fluctuaciones en sus plazos de fabricación.

Este tipo de producción resulta atractivo a las pequeñas industrias por necesitar recursos limitados de capital inicial.

El problema estriba en el uso extensivo de este tipo y su fracaso en la identificación de una línea de producción en la que especializarse y por consiguiente su incapacidad para alcanzar un nivel elevado de producción. Las industrias que utilizan este tipo, deben al principio, distribuir sus trabajadores basándose en la especialización y habilidad que posean y luego reorganizarlos con arreglo a las diferentes etapas que debe atravesar el producto, asegurándose que dispone la mano de obra especializada para cada una, es decir, pasar de una organización de oficios/habilidades a la de etapas, durante el proceso de cambio, se tiene que normalizar las herramientas, los patrones y los materiales.

La elección del tipo de producción, dependerá en gran medida del tipo, necesidades y características de los mercados a los que se dirige, al igual que la mezcla de productos, los procesos necesarios y el potencial de la empresa para expandirse. En la toma de esta decisión, ha de tenerse en cuenta los tipos examinados anteriormente y también contemplarse como etapas en la evolución de una pequeña empresa típica de muebles en forma general, los siguientes parámetros :

- 1.-Tipo de mercado; limitado, sin limitación, local, exterior.
- 2.-Necesidades del consumidor; variedad de productos, volumen.
- 3.-Productos/volumen de producción; altamente diversificados, número limitado de líneas de producto, componentes y combinación de éstos, variedad de productos.
- 4.-Tipo de maquinaria y equipo; fines generales, especialización.
- 5.-Tiempo necesario para producir un producto; corto, ciclo de vida.
- 6.-Capital requerido; bajo, medio, alto.
- 7.-Punto de equilibrio; ingresos y gastos, bajo, alto, muy alto.
- 8.-Existencias de materiales; nulas, bajas, altas.
- 9.-Estimadores de costos; propietario-gerente, grupo de estimación.
- 10.-Tipo de trabajador necesario; artesanos, dedicación, especialización, subcontratistas.
- 11.-Personal de apoyo a la producción; funciones, experimentado, cualificado.
- 12.-Principal preocupación del gerente de producción; producción producto completo, fabricación, montaje, integración.

INGENIERIA DE METODOS.

En el desarrollo del tipo de proceso intervienen varios factores que determinan la efectividad en la producción, podemos citar dos principales, uno, es la ingeniería de métodos, aplicada a una empresa de fabricación de muebles, con las siguientes características:

- 1.-Mejora los métodos de trabajo.

- 2.-Ahorra movimientos de los materiales y trabajadores.
- 3.-Fomenta la utilización de máquinas, equipo, terreno y edificios.
- 4.-Combinado con un análisis del valor, (tratado más adelante), introduce mejoras en el diseño.
- 5.-Minimiza el trabajo innecesario debido a :

5.1. Mal diseño del producto, puesto que los diseños y especificaciones de un producto que conducen a mayores tiempos de fabricación se caracterizan por: a) Diseño pobre del producto que genera uso excesivo de materiales y a emplear procedimientos que conducen a baja productividad, b) Auscencia de normalización que impide los procesos de fabricación en serie, c) Auscencia de normas de calidad o normas incorrectas que ocasionan ajustes o correcciones innecesarias.

5.2. Métodos y procesos ineficaces; la tecnología de fabricación de muebles, como otras tecnologías, ofrece un conjunto de opciones de fabricación, por ejemplo, en métodos, herramientas, patrones, accesorios y máquinas que deben de usarse. En algunos casos, los procesos no se desarrollan correctamente o se ven afectados porque las máquinas están en malas condiciones y por lo tanto, las tolerancias no pueden cumplirse o porque los operarios no utilizan buenos métodos de trabajo.

INSTRUMENTOS DE LA INGENIERIA DE METODOS.

Los instrumentos que utiliza la ingeniería de métodos, son generalmente técnicas de registros con formatos normalizados, los cuales se utilizan con el fin de :

- 1.-Obtener de una situación dada, una visión más clara de la que permiten descripciones descritas o verbales.
- 2.-Obtener la capacidad de verificar si los datos generados son completos.
- 3.-Transferir los datos de forma eficaz en el menor tiempo posible.
- 4.-Suministrar un medio eficaz de comparación o relación de situaciones anteriores y posteriores de la mejora.

Los principales instrumentos son, diagramas de flujo, diagramas de análisis y diagramas de actividades múltiples.

Diagramas de flujo.

Son también llamados diagramas de procesos, se utilizan para investigar la secuencia de pasos en la fabricación de una pieza e indica lo que debe hacerse para eliminar, combinar o reorganizar el flujo con el fin de alcanzar el método más eficaz de trabajar.

Existen dos tipos de diagramas de flujo, el general y el detallado. El **diagrama general**, da un panorama global de los procesos de fabricación y estudia las diferentes relaciones lógicas existentes entre el proceso y otros elementos de la empresa, en la figura 3.16, se representa la preparación de componentes con madera sólida en una fabrica de muebles. El **diagrama detallado**, supone en el regitro, un mayor detalle de proceso; utiliza unos signos que están normalizados y clasifican en términos generales todas las tareas y actividades de los trabajadores. Ver figura 3.14.

Los signos presentados en la figura 3.15 son los siguientes :

El **circulo**, se utiliza para indicar una operación, como, aserrar, ranurar, perforar, taladrar, lijar o terminar. Al paso por esta operación, la materia prima es incrementada en su valor, puesto que, es transformada o variada en sus características físicas y/o mecánicas, respecto a las especificaciones del producto.

El **triangulo**, se utiliza para indicar almacenamiento, si el vertice está arriba, es de producto terminado y si se encuentra abajo, es de materia prima. Esta etapa no aumenta de valor la materia prima, tenderá a ser eliminado o minimizado.

La **flecha**, indica transporte o movimiento de las materias primas desde una estación de trabajo a otra. Significa que el material ha salido de un trabajador para conducirlo y ser elaborado por otro. Este trabajo no aumenta de valor la materia prima, también tenderá a ser eliminado o minimizado.

El **cuadrado**, indica la inspección de las materias primas, se utiliza para el control de calidad en el trabajo.

La letra **D**, representa esperas

SIMBOLO	DESCRIPCION
○	OPERACION
△	ALMACENAMIENTO PROC. TERMINADO
→	TRANSPORTE
□	VERIFICACION
D	ESPERA
◻	CONTROL Y AJUSTES
▽	ALMACENAMIENTO M. PRIMA.

FIG. 3.15 SIMBOLOS

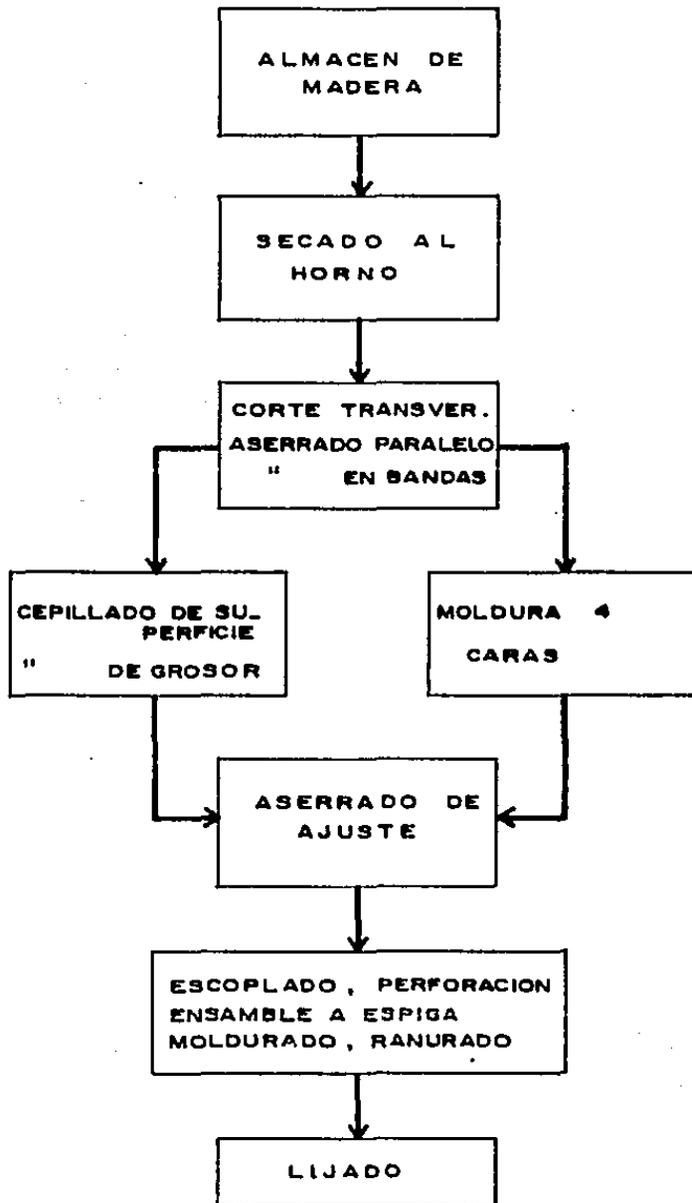


FIG. 3.16 DIAGRAMA DE ANALISIS DE FLUJOS

del material o retrasos temporales. En la fabricación por encargo, se producen con mayor frecuencia demoras, que en el tipo rígido de producción en masa. Este símbolo también puede señalar problemas en tiempo del desarrollo del proceso y deberá ser minimizado.

El círculo inscrito en el cuadrado, es una acción combinada entre operación y verificación, se utiliza para controles de calidad y a la vez lograr ajustes o correcciones en la materia prima. En general, en un análisis de un diagrama de flujo, se pueden tratar tres formas de arreglar los resultados :

- a) Eliminar o minimizar el tiempo empleado en actividades que no agregan valor a la materia prima, (transporte, retrasos, inspección, almacenamiento).
- b) Eliminar las actividades que adicionen valor a través de subcontratos u otros medios (lo que suprimiría automáticamente las actividades que se limitan a una simple preparación o recogida).
- c) Para combinar, reorganizar o simplificar algunas de las operaciones de fabricación.

Diagramas de análisis de procesos.

Los diagramas de análisis de procesos, según la figura 3.17, se caracterizan por :

- a) Suministrar una guía para indicar qué procesos de fabricación deberán ser objeto de una investigación "microscópica".
- b) Clasifica las actividades del proceso.
- c) Suministra información sobre las cantidades de materiales usadas.
- d) Permite visualizar el tiempo empleado en cada actividad.
- e) Suministra la distancia recorrida por las materias primas utilizadas en cada actividad.

Los resultados del análisis pueden ser útiles, no sólo para mejorar las situaciones existentes, sino también, para estimar costos, además se utilizan para configurar con cierto grado de precisión el flujo de materiales o movimiento del personal. Otra de las aplicaciones es en la investigación de la fabricación, en el análisis de actividades de los operadores o trabajadores de montaje. Aquí se emplea una variante del diagrama, (ver figura 3.18) en los diagramas de mano derecha y mano izquierda. Este estudio intenta eliminar tantos movimientos humanos como sea posible, acortar los movimientos que no puedan ser eliminados y hacer menos fatigosos los movimientos necesarios.

DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS - TIPO DE MATERIALES (ACTUAL)

DIAGRAMA N° 1 HOJA N° 1 DE 1

OBJETIVO DEL DIAGRAMA: FABRICACION DE PUERTAS (PUERTAS ENRASADAS DE MADERA)

UBICACION: TALLER PRINCIPAL

OPERARIO:

REALIZADO POR: J.C.P.

FECHA:

RESUMEN

FUNCIONES	ACTUALES	PROPUESTAS	AHORROS
OPERACION	8		
TRANSPORTE	8		
RETRASOS	0		
INSPECCION	1		
ALMACENAMIENTO	1		
DISTANCIA	43.1 m		
TIEMPO	18 min. 19 s.		
COSTO	NO DISPONIBLE		
TOTALES			

N°	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	SIMBOLOS					CANT.	DISTANCIA EN m.	TIEMPO	OBSERVA.
		○	→	□	△	▽				
1	MAT. PRIMA EN ALMACEN						-	-	-	
2	" " (2" x 6" x 13') EXTRAIDA		○				1	5.2	27 s	1 TRABAJA.
3	CORTE TRANS. DE MAT. PRIMA POR SIERRA RADIAL		○				1	0	4 s	
4	TRANS. AL CEPILLO		○				2	2.6	8 s	" "
5	CEPILLADO DE MATERIA PRIMA		○				-	0	55 s	" "
6	TRANSPORTE A LA SIERRA DE EJE INCLINADO		○				2	4.6	7 s	" "
7	CORTE LONGI. DE MATERIA PRIMA		○				0	0	1 min. 10 s	" "
8	TRANS. A LA SIGUIENTE SIERRA RADIAL		○				6	5.2	10 s	" "
9	CORTE TRANS. DE MATERIA PRIMA EN MITADES		○				0	0	1 min. 10 s	" "
10	TRANS. AL CEPILLO DE GROSOR		○				10	3.8	15 s	" "
11	REDUCCION DE GROSOR (DE 2" A 1 1/2")		○				0	0	2 min. 33 s	" "
12	DEVOLUCION A LA SIERRA RADIAL		○				10	3.4	20 s	" "
13	CORTE TRANS. DE MATERIALES SEMITERMINADOS		○				0	0	20 s	" "
14	MAT. PRIMA: 7 PZS. 1 1/2" x 2 1/2" x 3; 4 PZS. 1 1/2" x 2 1/2" x 1'; 2 PZS. 1 1/2" x 2" x 7'		○				13	-	1 min. 0 s	" "
15	ENSAMBLAJE A ESPIGA, USANDO LA SIERRA RADIAL		○				7	-	2 min. 10 s	" "
16	TRANS. DE 2 PZS. DE 1 1/2" x 2" x 7" A LA ESCOPLEADORA		○				2	9.9	25 s.	" "
17	ESCOPLEADO DE 2 PZS. (1 1/2" x 2 1/2" x 7') DE 7 ESCOPLEADURAS CADA UNA		○				2	-	6 min. 40 s	" "
18	TRANS. DE PZS. PARA MARCOS		○				13	8.5	22 s	" "
	TOTALES							43.1	18 min. 19 s	

FIG. 3.17 DIAGRAMA DE ANALISIS DE PROCESOS

Diagramas de actividades múltiples.

Este diagrama se utiliza para describir las actividades de más de un sujeto, es decir, trabajadores-maquinaria, manos derecha-izquierda, en una escala de tiempo ordinaria.

Ayuda a determinar los medios para reducir el tiempo muerto tanto en mano de obra como en máquinas; para ilustrar tomamos un ejemplo:

Un operario de una sierra circular, prepara el material para una operación de alimentación que necesita, por ejemplo, un minuto, mientras dispone el material en la mesa de la sierra circular y hace todos los ajustes necesarios anteriores al cortado, transcurre otro minuto, la operación de cortado, otro minuto y comienza otro ciclo.

OPERARIO	TIEMPO MINUTOS	SIERRA CIRCULAR
Obtención del material para cortar.....	0	Inactiva
Disposición del material en la mesa de aserrado antes de cortar.....	1	Ocupada
Inactivo (traslado de material a la sierra).....	2	Cortando
Recogida de los materiales cortados.....	3	Inactiva
	4	
	Final del ciclo	

A primera vista, no hay nada malo en la relación o dependencia entre el operario y la sierra. Un examen más detallado muestra, sin embargo, que la sierra está inactiva 3/4 partes del tiempo del ciclo y que el operario se dedica a actividades de preparación y recogida durante el mismo espacio de tiempo.

Se puede determinar la relación operario-sierra de la siguiente forma:

I.-

$$\text{Utilización de la maquinaria (\%)} = \frac{\text{(Tiempo actividades de trabajo)(100)}}{\text{Tiempo total del ciclo}}$$

II.-

Utilización de la maquinaria por el operario. (%) =
$$\frac{\text{(Tiempo, preparación y recogida)(100)}}{\text{Tiempo total del ciclo}}$$

La única actividad de "trabajo", es el cortado; la maquinaria se usa, por consiguiente, el 25% del tiempo (1/4) y el operador emplea el 75% (3/4) trabajando con la máquina, se puede mejorar la relación hombre-máquina y así obtener mayor economía y eficiencia considerando dos aspectos :

a) Incluir las actividades de preparación y recogida en los elementos de "trabajo" en ciclo, por ejemplo, automatización a bajo costo.

b) Proporcionándole trabajo relacionado al operario, en máquinas similares, para que lo haga durante las partes ociosas del ciclo.

PRINCIPIOS DE LA INGENIERIA DE METODOS.

Se encuentran establecidos ciertos principios generales que se deben tener en cuenta, para desarrollar nuevos métodos o mejorar los actuales, en las operaciones de fabricación de muebles.

La Organización Internacional del Trabajo, (OIT), (IV), ha elaborado estudios sobre los principios de economía de movimientos, de diseño y disposición del lugar de trabajo, y se han seleccionado los aplicables a pequeñas industrias de fabricación de muebles.

Los códigos presentados en los principios, presentan una guía aproximada sobre su posible aplicación de acuerdo al tamaño de la industria, A, para micro y pequeñas que trabajan el tipo de producción por pedidos, B, industrias de producción rígida en masa y/o medianas industrias, C, empresas grandes que utilizan el tipo flexible de producción en masa.

La clasificación de los movimientos del cuerpo humano es como sigue :

CLASE	PIVOTE	MIEMBROS DEL CUERPO QUE SE MUEVEN
1	Nudillo	Dedo
2	Muñeca	Mano y dedos
3	Codo	Brazo, mano y dedos
4	Hombro	Antebrazo, brazo, mano y dedos
5	Tronco	Torso, antebrazo, brazo, mano y dedos

LOS MOVIMIENTOS.

Los principios del movimiento del cuerpo humano son :

CODIGOS

- B y C 1.- Ambas manos, deben comenzar y terminar sus movimientos al mismo tiempo.
- B y C 2.- Las dos manos deben estar ociosas al mismo tiempo, excepto durante periodos de descanso.
- B y C 3.- Los movimientos de los brazos deben realizarse simétricamente, en direcciones opuestas y a la vez ser simultáneas.
- B y C 4.- El ritmo es esencial para una operación automática y suave, debe procurarse fácil y natural.
- A, B y C 5.- Las manos deben ser liberadas de todo el trabajo que pueda ser realizado con ventaja por una plantilla, por un dispositivo de sujeción o por un artefacto operado con el pie.
- B y C 6.- Son preferibles los movimientos suaves y continuos de las manos, a los movimientos en línea recta o en zig zag implicando cambios súbitos y marcados de dirección.
- A, B y C 7.- El trabajo se debe organizar de tal forma, que los movimientos de la vista se limiten a un área calculada, sin cambios frecuentes de atención.
- A, B y C 8.- Los movimientos de las manos y el cuerpo deberían corresponder a la clasificación más baja necesaria para hacer el trabajo de forma satisfactoria.
- A, B y C 9.- El impulso deberá emplearse para ayudar al trabajador, pero ha de reducirse a un mínimo cuando tenga que ser superado por el esfuerzo muscular.

EL LUGAR DEL TRABAJO.

El lugar de trabajo deberá disponerse como sigue :

CODIGOS

- 1.-Las estaciones fijas deberían estar provistas

A, B y C de todas las herramientas y materiales, para fomentar la formación de hábitos.

A, B y C 2.-Herramientas y materiales deberían situarse en posición antes de la fabricación, con el fin de reducir el tiempo dedicado a buscarlos.

B y C 3.-Deberían emplearse depósitos alimentados por gravedad y contenedores para entregar los materiales lo más cerca posible de donde se necesitan.

A, B y C 4.-Herramientas, materiales y controles deberían ubicarse en el área de trabajo o lo más cerca posible.

A, B y C 5.-Materiales y herramientas deberían organizarse de forma que permitan la secuencia óptima de movimientos.

B y C 6.-Deberían usarse recogedores o expulsadores cuando sea posible, para reducir la necesidad que tiene el operario de usar sus manos para retirar el trabajo terminado.

A, B y C 7.-La iluminación deberá ser adecuada. El área de trabajo, debería permitirle estar de pie y sentado alternativamente.

A, B y C 8.-El color del lugar del trabajo, deberá ser diferente al de los materiales, para reducir la fatiga visual.

El diseño de herramientas y equipo debería ser de manera tal que:

A, B y C 1.-Pueda evitarse que las manos tengan que sostener la pieza que se trabaja, cuando esto pueda hacerse por una plantilla, soporte o accesorio manejado por pedal.

A, B y C 2.-Puedan combinarse siempre que sea posible, dos o más herramientas.

A, B y C 3.-Palancas, barras o volantes puedan situarse de tal modo, que el operador pueda utilizarlos con los menores cambios en su posición corporal, sin perjuicio de ofrecer la mayor ventaja mecánica.

Principios de diseño y disposición del lugar del trabajo :

B y C

1.-Si se está haciendo un trabajo similar con cada mano, debería existir una provisión separada de materiales o componentes para cada una.

A, B y C

2.-Si la selección de materiales se efectúa con la vista, aquéllos deberían mantenerse, en la medida de lo posible, en donde los ojos puedan localizarlos sin que el trabajador tenga que girar la cabeza.

A, B y C

3.-La naturaleza y forma de los materiales determinan su posición en el diseño.

B y C

4.-Las herramientas deberían tomarse y devolverse con facilidad; en la medida de lo posible, tendrían que tener una devolución automática, o la ubicación de la siguiente pieza de materiales que haya que mover, debería permitir que la herramienta volviese cuando la mano se desplaza para tomar la pieza.

A, B y C

5.-El trabajo terminado debería :

a) Dejarse caer en un conducto inclinado, cuando la mano comience el primer movimiento del siguiente ciclo.

A, B y C

b) Colocarse en un contenedor de tal manera, que los movimientos manuales se reduzcan al mínimo.

A, B y C

c) Colocarse en un contenedor de tal modo que, el operador siguiente pueda recogerlo fácilmente.

B y C

6.- Debería siempre examinarse la posibilidad de usar pedales o palancas accionadas con las rodillas, para ajustar o situar los aparatos en los soportes o de utilizar dispositivos para retirar el trabajo terminado.

Principios del manejo de materiales :

A, B y C

1.-Debería eliminarse la manipulación en la medida de lo posible; cuando sea necesaria, es preferible la manipulación mecánica a la humana.

B y C

2.-Debería combinarse la manipulación con el trabajo, inspección y otros procesos que normalmente la preceden o suceden.

3.-Con el fin de minimizar los costos de manipula-

A. B y C ción, los procesos de trabajo deberían incluir el uso de tantas herramientas manuales y maquinaria semiautomática como sea posible.

A. B y C 4.-Los equipos de manejo de materiales deberían actualizarse continuamente.

LA MEDICION DEL TRABAJO.

La medición del trabajo, en términos generales, se refiere a la investigación y evaluación de todos los tipos de trabajo humano en un medio industrial. En términos más precisos, las técnicas de medición del trabajo se usan para calcular (en unidades de tiempo), el contenido laboral de tareas ejecutadas por trabajadores adiestrados y cualificados que empleen métodos o procedimientos específicos.

Medir el contenido de trabajo en términos de unidad de tiempo para los estadios principales de la fabricación, aumentará la eficacia de la planificación y distribución de tareas. Así mismo, disponer de información fácilmente accesible sobre el contenido del trabajo, mejorará la capacidad de la empresa para estimar los costos laborales directos de cada tarea o tanda de producción.

La medición del trabajo, es una extensión de la ingeniería de métodos, constituye una ayuda en la selección de métodos alternativos de realizar una operación específica en el proceso de fabricación de muebles. Puesto que la reducción del tiempo necesario para efectuar una tarea es la única prueba válida de unos métodos mejores, el proceso de medición del trabajo, debe conservarse hasta que se halla desarrollado un método satisfactorio para ejecutar una tarea en particular. Al buscar ese método, se hará patente la contribución que la medición del trabajo puede hacer para mejorar la productividad global de una empresa.

Técnicas de la medición del trabajo.

La medición del trabajo, cuando se usa para evaluar determinadas actividades humanas en una empresa, por lo general viene después del proceso de estudio del trabajo consistente en :

- Seleccionar una tarea para su exámen.
- Desglosar sus diferentes componentes.
- Registrar todos los detalles y preguntarse por cada uno de ellos.

Existen diferentes técnicas que se pueden utilizar, analizaremos dos de ellas, por considerarlas principales en cuanto

reflejan problemas de casi todas las pequeñas empresas de fabricación de muebles.

La primera, determina y cuantifica las actividades no productivas

La segunda, determina tiempos normalizados necesarios para ejecutar las actividades seleccionadas para la fabricación de un mueble determinado.

I.- Estudio de desajustes en las proporciones.

Se trata de una técnica que se utiliza para identificar y cuantificar las actividades productivas y no productivas en una empresa. Se elaboran un cierto número considerable de observaciones instantáneas, en un periodo de tiempo determinado, para un grupo de trabajadores, máquinas y equipo, los resultados se expresan en porcentajes de tiempo de producción. Para elaborar este estudio es conveniente desarrollar los siguientes pasos :

a) Convocar una reunión para discutir los objetivos y procedimientos de la técnica de desajustes en las proporciones, con todas aquellas personas de la empresa que puedan verse afectados por los resultados. Este paso minimizará las posibles resistencias al cambio originados por los resultados y se pueden aprovechar las sugerencias de los trabajadores sobre la mejora de la productividad.

b) El propietario-gerente, debe tener cierta idea de la proporción entre las actividades productivas y no productivas de su empresa, un ejemplo es el del fabricante de muebles para el hogar, que antes de la ejecución manifestaba que el 80% de las actividades de sus trabajadores eran productivas, los resultados del estudio, mostraron en realidad, que los trabajadores estaban efectuando sólo el 35% de las actividades productivas directas, (2,8 horas por jornada de 8 horas); del tiempo restante, se empleaba el 55% en actividades productivas indirectas y el 10% en inactividad y comodidad personal. Así el fabricante descubrió que le quedaba mucho por mejorar en la productividad de su empresa.

c) Hacer una lista de actividades observadas en el área relacionada para el estudio, ejemplo :

Aserrado al hilo.
Disposición de la pieza que se trabaja en la mesa de la sierra circular.
Cepillado a mano.
Lijado.
Consultas con el supervisor.
Resanando con masilla.
Soñar despierto.
Coloración.

Marcado a lápiz.
Montaje de pivotes rotatorios.
Limpieza de la sierra circular.
Fumar
Beber agua.
Funcionamiento de la sierra circular.
Descansar.
Afilado de hojas de la sierra.
Recogida de materias primas.

Acabado.
Inspección.

Comprobación de dimensiones.
Lijado de bordes.

Se clasifican las actividades en :

1) **Actividades productivas directas.** Son las que adicionan valor a las materias primas, (aserrado al hilo, cepillado a mano, resanando con masilla, coloración, lijado de bordes).

2) **Actividades productivas indirectas.** No adicionan valor a las materias primas, como, limpieza de la sierra circular, disposición de las piezas de trabajo en la mesa de la sierra circular.

3) **Actividades ociosas.** como descansar, fumar.

d) Las actividades se ordenan de la siguiente forma :

Fecha _____ Departamento observado _____
No. de trabajadores _____ No. de máquinas _____
No. de observaciones _____ Tipo de retraso en las proporciones:
Observador _____ Hombre _____ Máquina _____ Hombre-máquina _____

Clasificación	Trab. No.1	Trab. No.2	Trab. No.3	Total	Porcentaje del total
Act.prod.direc.	###/###	###/###	###/###/	26	61,9
Act.prod.indirec.	###	///	###/	11	26,2
Act. ociosas	//	/	//	5	11,9
Totales.....				42	100,00

e) Realizar una observación de comprobación y complementaria si es necesario.

f) Calcular o determinar el número de observaciones (puede ser por medios estadísticos), como regla general, el número mínimo es de 30 en un periodo de 3 semanas y a diferentes horas del día.

g) Las rondas de observación, deben efectuarse en momentos aleatorios; el objetivo es determinar lo que el sujeto está haciendo en un momento preciso, y se registra en el cuadro

mostrado en (d), haciendo una señal, (/////).

h) Se deben efectuar todas las observaciones de las actividades, registrar los datos y calcular el porcentaje.

i) Comprobar los resultados.

j) confrontar los resultados con los esperados inicialmente.

Estos resultados, se pueden utilizar como :

- Indicador aproximado del nivel de productividad.
- Identificar las razones de los porcentajes inesperadamente altos de actividades productivas, indirectas y ociosas.
- Medir el aprovechamiento de la capacidad.
- Suministrar una guía acerca de donde conviene dirigir las iniciativas de la ingeniería de métodos.

II.-ESTUDIO DE TIEMPOS.

El estudio de tiempos tiene como objetivo, establecer un tiempo de ciclo promedio que pueda ser logrado para un operario normal, trabajando a un nivel normal de esfuerzo.

El método básico para establecer estándares de tiempo, es por medio del cronómetro. La mayoría de las observaciones, se realizan en el propio taller y es importante que el cronometrador, se coloque en una posición desde la que pueda ver con claridad todo lo que hace el operario.

Existen cuatro formas principales de cronometrar :

1.-El método continuo. El cronometrador, observa el tiempo al final de cada elemento (elemento, es una parte distinta del trabajo, con principio y final claros y una duración tal, que permita medir ésta con facilidad), sin parar el cronómetro y apunta las lecturas o tiempos. Después se calculan los tiempos de cada elemento.

2.-El método de la vuelta atrás. En este caso, se vuelve el cronómetro a cero, al final de la lectura de cada elemento y se comienza a cronometrar inmediatamente el siguiente.

3.-El método repetitivo. Es utilizado, cuando se desea hacer un estudio especial de algún elemento determinado. Se coloca en marcha y se para el cronómetro al principio y al final, respectivamente, de cada una de las ejecuciones del elemento en cuestión.

4.-El método del ciclo. Se utiliza cuando hay que cronometrar, elementos muy breves pero de naturaleza repetitiva. Consiste en dejar de medir en cada ciclo, uno de los elementos repetitivos y cronometrar el tiempo empleado en la ejecución de los restantes.

Los tiempos individuales, se calculan al final de la medición, por ejemplo, el cálculo de los tiempos elementales de una operación de 4 elementos A, B, C y D, se realizan de la siguiente forma :

$$\begin{aligned}
 \text{ciclo 1 ; } & A + B + C = 9,09 \text{ s.} \\
 \text{ciclo 2 ; } & A + C + D = 13,18 \text{ s.} \\
 \text{ciclo 3 ; } & C + D + A = 13,79 \text{ s.} \\
 \text{ciclo 4 ; } & D + A + B = 7,08 \text{ s.} \\
 & 3A + 3B + 3C + 3D = 43,14 \text{ s.} \\
 & A + B + C + D = 13,38 \text{ s.} \\
 & A + B + C = 9,09 \text{ s.} \\
 & D = 5,29 \text{ s.}
 \end{aligned}$$

forma : A = 1,20 s.; B = 0,59 s.; C = 7,30 s. y de la misma

II.1.- Selección de tiempos observados.

Para calcular el tiempo de la operación, se han de seleccionar los tiempos cronometrados; como primer paso, se eliminan los tiempos atípicos, que pueden ser causas no probables que ocurran durante una producción real; como se hace de una forma muy subjetiva, se puede seguir la norma de la variación del valor observado en $\pm 30\%$ de la media y se procede a su eliminación.

Existen cuatro métodos principales para seguir seleccionando los valores observados:

a) El método de la media.- Consiste en sumar todos los valores observados y dividirlos por el número de éstos, obteniendo el tiempo medio de cada elemento.

b) El método de tiempo mínimo.- Consiste en la selección del valor mínimo, de todos los elementos observados; con base en que se ha conseguido este tiempo, puede fijarse como meta para alcanzarlo después, es utilizado generalmente para sistemas de bonificaciones en las que se exige una tarea muy alta.

c) El método modal.- Consiste en seleccionar el valor del elemento observado con mayor frecuencia.

d) El método del tiempo razonable.- Consiste en seleccionar el valor del tiempo del elemento observado en un mínimo razonable de ocasiones, por razonable podemos entender, un valor cuya frecuencia supera el 15% de las observaciones realizadas.

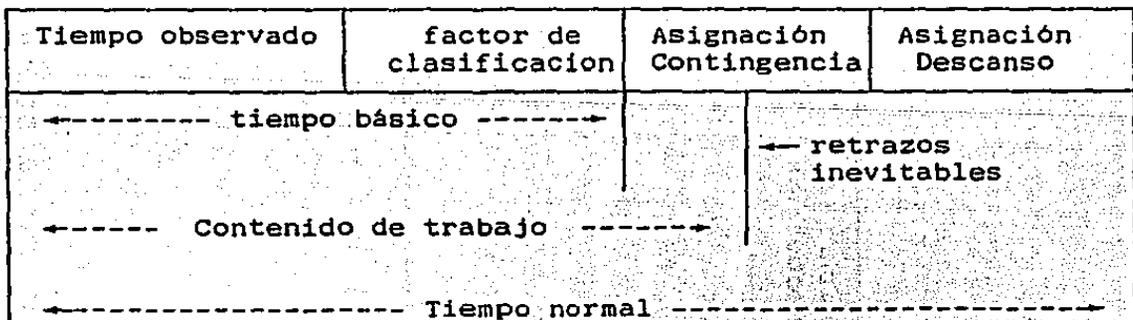
Los métodos más utilizados son la media y el modal, el siguiente ejemplo presenta de forma general, a partir de tiempos observados, los resultados según el método :

- a) Tiempos observados : 5,19; 5,21; 5,18; 5,20; 7,90; 5,21; 5,20;
5,17; 5,29; 5,22; 5,23; 5,20; 5,21; 5,60;
5,31; 5,21; 5,22; 5,30; 5,19; 5,27; 5,21;
- b) Tiempo atípico : se elimina el valor 7,90.
- c) Método de la media : tiempo total : 104,74
No. de observaciones : 20
tiempo medio : 5,24
- d) Método del tiempo mínimo : tiempo mínimo : 5,17
- e) Método modal : el tiempo 5,21 se repite 5 veces : 5,21
- f) Método del tiempo razonable : el tiempo 5,20 se repite 4 veces : 5,20.

II.2.- Norma de tiempos.-

Una vez completadas las observaciones y establecido por el método de la media, el tiempo medio para cada elemento de la fabricación, se procede al análisis de los resultados para establecer las normas de tiempos.

Se inicia con el establecimiento del tiempo normal para las operaciones. El **tiempo normal**, es el tiempo que debería emplear el trabajador cualificado para completar una tarea, trabajando a un ritmo regular y utilizando métodos establecidos. Los componentes del tiempo normal son : a) el tiempo observado, b) el factor de clasificación, c) la asignación por contingencia y d) la asignación por descanso.



a) **tiempo observado**. Es el tiempo empleado para la ejecución de un elemento de la operación o de la operación completa, suministrado por los estudios de tiempo, según la ficha de tiempos de la

FICHA DE TIEMPO DE TRABAJO

NOMBRE _____

FICHA N° _____

DEPARTAMENTO _____

CRONOMETRO N° _____

FECHA	PEDIDO DE PRODUCCION	MAQUINA N°	HORA DE COMIENZO	HORA DE TERMINACION	HORAS TOTALES	SALARIOS POR HORA	COSTO TOTAL

N° DE PIEZAS TERMINADAS: _____ APROBADO POR: _____

FIG. 3.19 FICHA DE TIEMPO DE TRABAJO

ESTUDIO N° 3 <u>3</u> HOJA N°1 DE <u>3</u> TIEMPO TRANSCURRIDO <u>20</u> DEPARTAMENTO : <u>PREPARACION DE COMPONENTES</u> PRODUCTO/COMPONENTE : <u>MONTANTES DE PUERTAS</u> N° _____ MATERIALES _____ OPERADOR : _____ NIVEL DE ESPECIALIZACION : _____ OPERACION : <u>OPERACION DE CORTADO</u> MAQUINA : <u>CIERRA RADIAL</u> HERRAMIENTAS Y CALIBRES _____ PATRONES Y ACCESORIOS _____ CONFECCIONADO POR _____ FECHA _____ COMPROBADO POR _____ FECHA _____														ESQUEMA DEL LUGAR DE TRABAJO:			TIEMPO TOTAL OBSERVADO	NUMERO DE CICLOS	TIEMPO MEDIO DEL CICLO																																																																																																																																																		
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ELEMENTO N°</th> <th>DESCRIPCION DEL ELEMENTO</th> <th>T.O.</th> <th>C</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>RECOGIDA DE MATERIALES DEL MONTON</td> <td>3</td> <td></td> <td>2</td> <td></td> <td>3</td> <td></td> <td>31^{g/}</td> <td></td> <td>3</td> <td></td> <td>3</td> <td></td> <td>2</td> <td></td> <td>16</td> <td>6</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>MEDICION DE MATERIALES Y ACCESORIOS CON ARREGLO A LAS ESPECIFICACIONES</td> <td>10</td> <td></td> <td>15</td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td>12</td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td>77</td> <td>7</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>COLOCACION DE MATERIALES DE MADERA EN LA MESA</td> <td>5</td> <td></td> <td>8</td> <td></td> <td>6</td> <td></td> <td>5</td> <td></td> <td>5</td> <td></td> <td>6</td> <td></td> <td>5</td> <td></td> <td>40</td> <td>7</td> <td>5.7</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>PUESTA EN MARCHA Y ACOPLAMIENTO DE LA MAQUINA</td> <td>3</td> <td></td> <td>3</td> <td></td> <td>3</td> <td></td> <td>2</td> <td></td> <td>3</td> <td></td> <td>4</td> <td></td> <td>3</td> <td></td> <td>21</td> <td>7</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>CORTADO</td> <td>30</td> <td></td> <td>32</td> <td></td> <td>31</td> <td></td> <td>30</td> <td></td> <td>30</td> <td></td> <td>31</td> <td></td> <td>30</td> <td></td> <td>214</td> <td>7</td> <td>30.6</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>INTERRUPCION Y RECOGIDA</td> <td>10</td> <td></td> <td>9</td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td>8</td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td>67</td> <td>7</td> <td>9.6</td> </tr> <tr> <td colspan="16" style="text-align: center;">T O T A L E S</td> <td></td> <td></td> <td>62.6</td> </tr> </tbody> </table>														ELEMENTO N°	DESCRIPCION DEL ELEMENTO	T.O.				C	T.O.	C				1	RECOGIDA DE MATERIALES DEL MONTON	3		2		3		31 ^{g/}		3		3		2		16	6	2.7	2	MEDICION DE MATERIALES Y ACCESORIOS CON ARREGLO A LAS ESPECIFICACIONES	10		15		10		10		12		10		10		77	7	11	3	COLOCACION DE MATERIALES DE MADERA EN LA MESA	5		8		6		5		5		6		5		40	7	5.7	4	PUESTA EN MARCHA Y ACOPLAMIENTO DE LA MAQUINA	3		3		3		2		3		4		3		21	7	3	5	CORTADO	30		32		31		30		30		31		30		214	7	30.6	6	INTERRUPCION Y RECOGIDA	10		9		10		10		8		10		10		67	7	9.6	T O T A L E S																									
ELEMENTO N°	DESCRIPCION DEL ELEMENTO	T.O.	C	T.O.	C	T.O.	C	T.O.	C	T.O.	C	T.O.	C	T.O.	C																																																																																																																																																						
1	RECOGIDA DE MATERIALES DEL MONTON	3		2		3		31 ^{g/}		3		3		2		16	6	2.7																																																																																																																																																			
2	MEDICION DE MATERIALES Y ACCESORIOS CON ARREGLO A LAS ESPECIFICACIONES	10		15		10		10		12		10		10		77	7	11																																																																																																																																																			
3	COLOCACION DE MATERIALES DE MADERA EN LA MESA	5		8		6		5		5		6		5		40	7	5.7																																																																																																																																																			
4	PUESTA EN MARCHA Y ACOPLAMIENTO DE LA MAQUINA	3		3		3		2		3		4		3		21	7	3																																																																																																																																																			
5	CORTADO	30		32		31		30		30		31		30		214	7	30.6																																																																																																																																																			
6	INTERRUPCION Y RECOGIDA	10		9		10		10		8		10		10		67	7	9.6																																																																																																																																																			
T O T A L E S																		62.6																																																																																																																																																			
<p>NOTA:</p> <p>T.O. - TIEMPO OBSERVADO. C = FACTOR DE CLASIFICACION. LAS LECTURAS DE TIEMPO SE EXPRESAN EN SEGUNDOS.</p> <p>SE USA EL METODO DE REGISTRO DE VUELTA A CERO.</p> <p>g/ = OMITIDO DEL CALCULO DEL TIEMPO MEDIO DE CICLO, YA QUE EL OPERADOR HIZO UNA COMPROBACION CON UN SUPERVISOR (UNA ACTIVIDAD EXTRAÑA A ESE ELEMENTO) HACIA LA MITAD.</p>																																																																																																																																																																					

FIG. 3.20 EJEMPLO DE UN FORMULARIO CUMPLIMENTADO DE ESTUDIO DE TIEMPOS

figura 3.19, presentados en el cuadro 3.20 el tiempo observado total medio o tiempo medio para la operación, cortado de montantes de puertas, usando la sierra radial, es de 62,6 segundos.

b) factor de clasificación. Es un valor que se adiciona al tiempo medio observado. Es el resultado de una comparación subjetiva entre : I.-el ritmo al que el trabajador observado ejecuta la operación y II.- la idea preconcebida del observador, sobre el nivel normal de ejecución, entendiéndose como nivel normal de ejecución, la producción media que efectuarán normalmente trabajadores cualificados, sin esfuerzo excesivo, en una jornada o turno de trabajo, siempre que estén familiarizados con un método específico, lo aprueben y tengan suficientes alicientes para aplicarse en su trabajo.

La práctica de hacer las comparaciones tiende a ser compleja, por los pocos argumentos sólidos existentes para buscar, el concepto de nivel normal de ejecución. Si el propietario-gerente, cuenta con una buena experiencia previa de supervisión o dirección de la empresa, tal vez esté en condiciones de determinar el ritmo al que un trabajador pueda ejecutar una operación. Un ejemplo de una escala de clasificación que se adapta con facilidad es la que asigna :

-Trabajador que no ejecute ninguna actividad.....	0
-Trabajador que ejecute despacio la actividad.....	50
-Trabajador que ejecute sin prisas pero con ritmo constante la actividad.....	75
-Trabajador que ejecute de forma profesional y de forma económica atendiendo a la calidad y precisión.....	100
-Trabajador muy rápido.....	125
-Trabajador excepcionalmente rápido.....	150

La combinación del tiempo medio observado, con el factor de clasificación, genera un tiempo básico para la tarea.

El tiempo básico para el ejemplo del cortado de montantes de puertas se estima así :

$$\text{tiempo básico} = \frac{(\text{tiempo medio observado})(\text{factor de clasificación})}{\text{Producción normal}}$$

$$\text{T.B.} = \frac{(62,6)(125)}{100} ; \text{T.B.} = 78,2 \text{ s.}$$

Este tiempo básico, es el tiempo que debería emplearse en cortar los montantes de puerta, usando una ponderación subjetiva de 125, así el trabajador estuviese actuando a un ritmo normal.

Una vez estimado el tiempo básico, se procede a calcular el contenido del trabajo de la operación, o sea, el tiempo básico más las asignaciones permitidas por la empresa (de las más comunes son por contingencia y por descanso).

c) **asignación por contingencia.** Es un pequeño margen de tiempo, que se incluye en los plazos normales para compensar las demoras legítimas y esperadas, y cuya medición precisa, no sería económica por su carácter poco frecuente e irregular.

d) **asignación por descanso.** Busca dar al trabajador la oportunidad de recuperarse de efectos fisiológicos y psicológicos que produce llevar a cabo un trabajo específico, en condiciones específicas y dejar tiempo para atender las necesidades personales.

En el ejemplo del pequeño fabricante de puertas, se determinaron las siguientes asignaciones para la operación de cortado de montantes de puerta expresado en porcentajes del tiempo básico :

-Asignación básica por fatiga.....	4
-Asignación por trabajar de pie.....	2
-Asignación por condiciones de trabajo (humos, polvo)...	6
-Asignación por ruido.....	5
-Asignación por monotonía.....	1
-Asignación por tedio.....	2
-Asignación por contingencias.....	5%

Entonces el tiempo normal queda como sigue :

I.- Tiempo medio observado.....	62,6 segundos
II.-Tiempo básico.....	78,25 "
III.-Asignación total por descanso, 20% del T.B...	15,65 "
IV.-Asignación por contingencia,5% del T.B.....	3,9 "
V.-Asignaciones especiales.ninguna.	

VI.-Tiempo normal :

tiempo básico.....	78,25 s. +
Asignaciones por descanso.....	15,65 s. +
Asignación por contingencia.....	3,9 s. +
Asignaciones especiales.....	0
TOTAL TIEMPO NORMAL.....	97,8 s. (1,53 min.)

PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION.

La planeación y el control son básicamente similares en el proceso industrial: por analogía, puede decirse que la eficiencia alta en servicio, es obtenido por procesos a través de la estación de trabajo, con un volumen requerido, ofreciendo una calidad requerida, con un determinado tiempo, por el método mejor y más económico.

Los factores, cantidad, calidad, tiempo y precio, forman el sistema de producción del cual la planeación y el control son el cerebro. Tres etapas diferentes comprenden toda actividad: planeación, operaciones y control.

Planeación.-Se inicia con el análisis de los antecedentes, sobre la base de cual esquema, para la utilización de los recursos de la empresa, debe ser planeado de tal forma que el objetivo deseable puede ser más eficiente que el logrado. El plan de producción, las etapas, los objetivos secundarios para la variedad de departamentos, en términos de periodos de tiempo, son definidos con la aspiración de ser realizados.

La planeación comprende :

a) la planificación, que en forma general contempla la previsión de ventas, determinación de los productos a fabricar, cantidad de materiales necesarios, procesos a mejorar etc.,

b) elección de la ejecución, consiste en la selección de la vía, a lo largo del sistema de fabricación que debe seguir el producto, con el objeto de cumplir los plazos de entrega a un costo mínimo. Aquí se decide la máquina a usar y se determina quien la usa,

c) programación, es la preparación y comprobación de los calendarios y en caso de la fabricación por encargo, programación de los pedidos próximos.

Operaciones.- Son diseñadas en concordancia con los detalles del plan de producción, incluye la orden de ejecución, que es la

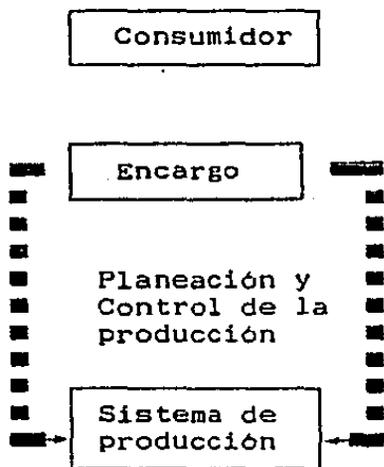
autorización de la ejecución de un encargo y su envío a fabricación. Esto libera simultáneamente las materias primas, herramientas, patrones, accesorios, necesarios para la operación de fabricación.

Control.- Iniciación y supervisión de operaciones con la ayuda de un mecanismo de control, con la información del progreso del trabajo. Este mecanismo es siempre susceptible de ajustes subsiguientes, modificaciones y redefiniciones del plan y objetivos en orden a conseguir la meta.

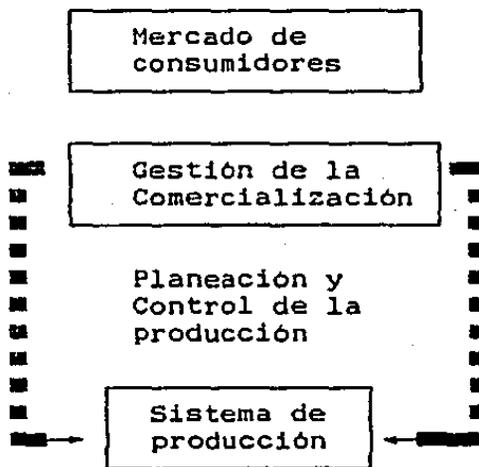
La supervisión de la ejecución, comprende la asistencia o impulso a la ejecución de las diferentes operaciones de fabricación, minimizando o eliminando "sorpresas" que puedan registrarse a lo largo del proceso. Por lo tanto, la planeación de la producción y su control, pueden ser brevemente definidos como la dirección y coordinación de los materiales y facilidades físicas con miras a obtener, unas metas especificadas de producción con la seguridad más eficiente. Planeación y control, son responsables de tener en disponibilidad todas las partes y ensambles en un tiempo y lugar exacto, en orden al progreso de la operación de acuerdo a la tarjeta inicial de programación.

De acuerdo a lo anterior, podemos afirmar que la planeación y el control de la producción, actúan como una fase intermedia entre el mercado y el sistema de producción.

(A) Sistema de producción por encargo.



(B) Sistema de producción continua.



Introducimos aquí el concepto de análisis del valor, por considerarlo factible para la aplicación en las pequeñas industrias de fabricación de muebles, y a su vez por ser recomendado por la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Industria (ONUFI), en razón a los buenos resultados obtenidos en las pequeñas industrias en países desarrollados.

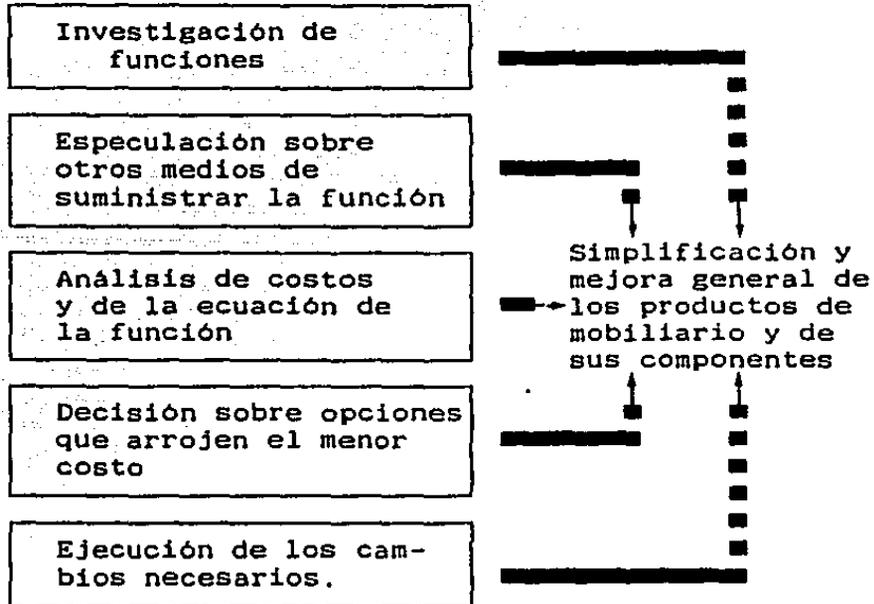
El análisis del valor, (VI), es un proceso continuo que consiste en igualar los costos con la función del producto, con miras a lograr simplificaciones eficaces en este último y beneficios mayores sin sacrificios indebidos en calidad o fiabilidad. El análisis del valor, principalmente, conduce a reducciones de costos, normalización y simplificación del producto.

Es prudente observar, la semejanza entre el análisis del valor y la ingeniería de métodos o incluso con el proceso del estudio del trabajo, que conducen a mejoras de la productividad o beneficio. La diferencia básica entre el análisis del valor y el estudio del trabajo, consiste en el hecho de que la atención del primero se centra en las funciones, mientras que el segundo se dirige a los métodos. En una operación de fabricación, del análisis del valor se puede afirmar lo siguiente :

- a) Es una aproximación sistemática y creativa a la reducción del costo;
- b) Señala áreas en las que se incurre en costos excesivos e innecesarios;
- c) Enriquece el valor del producto en general, así como el valor de cada uno de los componentes;
- d) Genera una igual o menor ejecución del producto a un costo relativamente menor;
- e) No sacrifica calidad o fiabilidad.

Métodología del análisis del valor.

El proceso consiste principalmente en el empleo de cinco pasos :



La base del análisis del valor, es aquella técnica denominada "creatividad colectiva"; consiste en la participación de grupos en la generación rápida de un espectro de ideas para afrontar un problema específico, (aquí se ofrece la oportunidad de buscar la cooperación de la fuerza de trabajo); para resultados máximos se puede adoptar la siguiente secuencia :

- a) Se formula el problema;
- b) Se seleccionan cuidadosamente los miembros del equipo creativo. No debe suponerse que han de limitarse a personas de la empresa, puede incluirse a proveedores o funcionarios de extensión industrial de organismos oficiales.
- c) Se conceden de 10 a 20 minutos a los miembros del equipo para que anoten sus ideas sobre el problema.

d) Se incita a los miembros del equipo a que sigan generando ideas, mientras cada uno presenta las suyas. Puesto que el objetivo es generar cuantas ideas mejor, deberían recogerse incluso aquellas que puedan aparecer poco realistas, no deberá criticarse ninguna sugerencia y así estimular la combinación de ideas.

e) Las ideas se someten a una selección inicial (sólo después de completar el paso (d)); si los resultados de la primera sesión de creatividad son insatisfactorios, se programa otra, esta vez utilizando una redefinición del problema más concreta.

Además de la creatividad, el análisis del valor supone cinco pasos, de acuerdo al gráfico anterior : investigación, especulación, análisis, decisión y ejecución.

1. investigación. Se trata de recoger información y definir una función. Suponiendo que ya se haya reunido un grupo para crear un determinado producto de mobiliario, el primer paso de la actividad de investigación es presentar al equipo toda la información necesaria sobre el contexto, (información sobre el costo de fabricación, uso propuesto para el consumidor, niveles de inventario, facturación de materiales, diagramas de proceso, de flujo, estudios de tiempo y demás. Al concluir esto, el equipo se prepara para el siguiente paso, definir la función : se trata de escoger entre los diferentes tipos de función como, función de utilidad o de uso, función estética, función de posesión o de estima, función de reventa o comercialización. También pueden clasificarse las funciones como primarias, secundarias y terciarias, sin embargo, dando así una idea de la prioridad de cada función.

Cuando se definen las funciones de un producto, o de sus componentes individuales, deberían emplearse sólo dos palabras : un verbo y un sustantivo. por ejemplo : un cepillo de fieltro para pizarrón, destinado a borrar lo escrito con tiza, tendría como función : borrar escritos. Es importante que la función se defina de esta manera con objeto de evitar, desde el principio confusión sobre las combinaciones de las funciones. igualmente y por lo general, debe definirse con precisión las funciones del producto y de sus componentes. por ejemplo :

PRODUCTO : Cepillo para pizarrón
 FUNCION : borrar escritos

PARTES	FUNCIONES	COSTOS ESTIMADOS
Madera terciada	Sujetar las tiras de fieltro	0,60 u.
Fieltro	borrar escritos	0,30 u.
Cola	sujetar : tiras y madera	0,05 u.
etiqueta	identificar al fabricante.	0,20 u.
total		<u>1,15 u.</u>

Se observará con facilidad que la función principal "borrar escritos", puede hacerse a un costo estimado de 0,30 u., cuando se efectúa exclusivamente por el componente de tira de fieltro del producto, lo cual ofrece amplias posibilidades para simplificar y mejorar el producto.

2. Especulación. Este paso consiste en examinar sistemáticamente las distintas opciones que se ofrecen a la entrega de la función al consumidor; sin embargo, antes de que el equipo genere ideas sobre opciones en una sesión de creatividad, debería responderse a las siguientes preguntas : Es necesaria esta función ? , De qué forma distinta a la que se sigue actualmente puede el producto conducir a esa función ? , Qué componentes del producto no suponen una contribución significativa a la función principal o primaria ? . El propietario-gerente, en la especulación sobre vías alternativas para obtener la función deseada del producto, debe fijar objetivos al equipo de creatividad, como, reducir costos de los componentes en un 50 %, esto, puede obligar al equipo a considerar áreas hasta entonces inexploradas.

3. Análisis. Se refiere al análisis y ponderación de todas las ideas recogidas en el paso anterior en lo que respecta a repercusiones en costos, funciones y viabilidad. En este paso, a) se asignan valores monetarios a las ideas, b) se cuestiona el valor o contribución de las ideas.

4. Decisión. Comprende : información adicional y decisión/promoción. Se puede buscar asesoramiento especializado sobre aquellos aspectos que necesitan clarificación antes de decidirse a alpicar una idea. La actividad decisión/promoción implica juzgar con criterio al seleccionar una idea y planificar una campaña para obtener el apoyo de aquellos trabajadores que puedan verse afectados, directa o indirectamente, por la decisión final.

5. Ejecución. Se trata de recoger y evaluar cada idea prometedorra. Durante la evaluación, cabe generar información adicional y usarse para mejorar la idea original. El equipo puede entonces decidir que acción apropiada debe seguirse para cada idea evaluada. Pueden abandonar la idea, diferirla durante varios años, aplicarla en la seria siguiente, desarrollarla inmediatamente.

Aplicación del análisis del valor.

De la discusión anterior, resultarán los requerimientos para la aplicación del análisis del valor en la fabricación de muebles tales como :

a) poner en marcha un equipo con sus propias normas de procedimiento y atribuciones, que se ocupará principalmente de hacer el análisis del valor; Entre sus miembros pueden figurar personal de la empresa y otros en situación de contribuir a la mejora de los productos, prácticas y métodos de la empresa.

b) Establecer un procedimiento para elegir y revisar sistemáticamente los elementos de la empresa de elevado costo. Los programas ya existentes de reducción de costos, las medidas para recoger sugerencias y demás aspectos parecidos pueden vincularse a la labor del análisis del valor.

c) Celebrar reuniones regulares del equipo para evaluar los resultados de las iniciativas pasadas; discutir proyectos corrientes; hacer un trabajo creativo sobre nuevos productos o ideas presentadas y establecer rumbos de acción pertinentes.

d) Ejecutar pruebas de valores y funciones sobre el producto y sus componentes para determinar : I) Si su costo es proporcional a su valor o utilidad, II) Si existe algo mejor disponible que pueda usarse para los mismos propósitos, III) Si se pueden producir a un costo menor usando métodos mejores, IV) Si alguna otra empresa fabrica el mismo producto o componente a menor costo, o V) Si cabe fabricar productos normalizados y comercializables.

e) Llevar registros cuidadosos y precisos que recojan todas las ideas propuestas, las deliberaciones al respecto, las sugerencias para su mejora, etc., deben archivarse informes sobre todos los proyectos, con éxito o fracaso.

PLANIFICACION DE LA PRODUCCION.

La figura 3.21, muestra un esquema simplificado de la planificación de la producción, y la figura 3.22 A y B, la hoja de planificación para una pequeña empresa de fabricación de muebles. El proceso pocas veces resulta tan sistemático como el descrito, ya que en muchos casos las actividades de planificación se

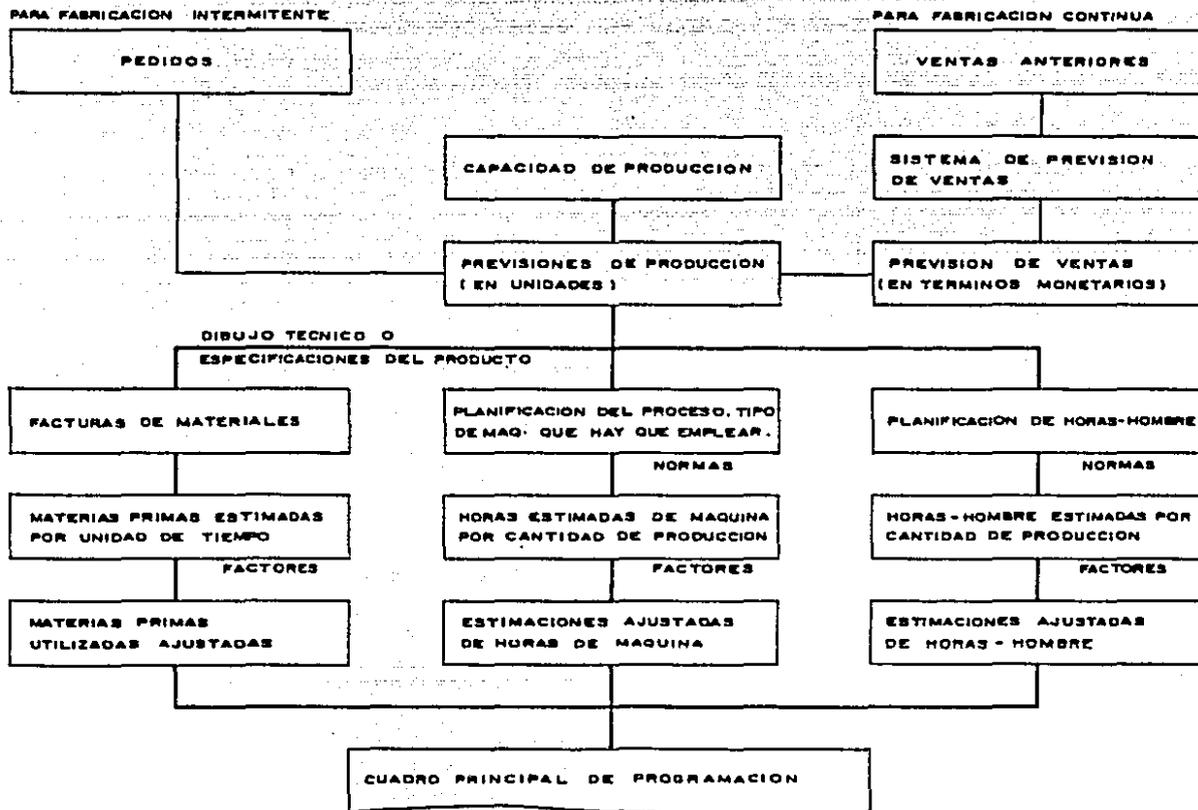


FIG. 3.21 UN SISTEMA SIMPLIFICADO DE PLANIFICACION DE LA PRODUCCION PARA UNA PEQUEÑA EMPRESA DE FABRICACION DE MUEBLES

<p>1- ENCARGO N° _____</p> <p>2- CONSUMIDOR _____</p> <p>3- DIRECCION _____</p> <p>4- CONTACTO _____</p>	<p>5- FECHA DE RECEPCION _____</p> <p>6- VOLUMEN NECESARIO _____</p> <p>7- OTRA INFORMACION _____</p>																		
<p>8- ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO</p> <p>8.1 LINEAS NORMALES DE PRODUCTO</p> <p>ESPECIFICACIONES ADICIONALES (CONTENIDO EN HUMEDAD, MODIFICACION DEL TERMINADO, ETC.)</p> <p>CONDICIONES DE ENTREGA</p>	<p>8.2 PRODUCTOS EFECTUADOS POR ENCARGO</p> <p>DISEÑO DEL PRODUCTO / DIBUJO TECNICO</p> <p>DESGLASE DE PARTES/COMPONENTES Y ACCESORIOS</p> <p>ESPECIFICACIONES ADICIONALES (TIPO DE MATERIALES, TERMINADO ETC.)</p> <p>CONDICIONES DE ENTREGA</p>																		
<p>9- LISTA DE MATERIALES</p> <p>1 MATERIALES DE MADERA Y MADERAJE _____</p> <p>2 MATERIALES DE TAPICERIA _____</p> <p>3 HERRAJES _____</p> <p>4 OTROS _____</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">UNIDAD</th> <th style="width: 40%;">CANTIDAD / PIEZA</th> <th style="width: 30%;">CANTIDAD TOTAL NECESARIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	UNIDAD	CANTIDAD / PIEZA	CANTIDAD TOTAL NECESARIA															
UNIDAD	CANTIDAD / PIEZA	CANTIDAD TOTAL NECESARIA																	

9RL

FIG. 3.22 A PLANIFICACION DE LA PRODUCCION PARA UNA PEQUEÑA EMPRESA DE FABRICACION DE MUEBLES

10 - PROCESOS DE FABRICACION PARA LINEAS NORMALES DE PRODUCTO

PROCESOS DE FABRICACION	MAQUINAS, PLANTILLAS Y ACCESORIOS A USAR	ESTIMACION DE HORAS-MAQUINA NECESARIAS	ESTIMACION DE HORAS-HOMBRE NECESARIAS	TOTAL	
				HORAS - MAQUINA	HORAS - HOMBRE

11 - PARA PRODUCTOS HECHOS POR CARGO

COMPONENTES	MAQUINAS, PLANTILLAS Y ACCESORIOS A USAR	PREPARACION ESTIMADA DE LA MAQUINA	HORAS - MAQUINA ESTIMADAS	HORAS - HOMBRE ESTIMADAS	TOTAL

NOTA : EL TIEMPO DE PREPARACION ESTIMADA DE LA MAQUINA INCLUYE EL TIEMPO NECESARIO PARA UNA PRUEBA

12 - ESTIMACION DE AJUSTES :

MATERIALES (ASIGNACIONES PARA NO DISPONIBILIDAD, TASAS DE RECHAZO, DESECHOS, ETC.) _____

HORAS - MAQUINA (ES DECIR, ASIGNACIONES POR FALLOS DE ENERGIA, ROTURAS DE LA MAQUINA, ETC.) _____

HORAS - HOMBRE (ABSENTISMO, TARDANZA, ETC.) _____

13 - PREPARADA POR: _____ 14 - COMPROBADO POR _____ 15 - APROBADO POR _____

FIG. 3.22 B CONTINUACION

ejecutan y almacenan sólo en la mente del fabricante. Consecuencia de esto, es que el fabricante puede ser propicio a cambiar de ideas, con la consiguiente confusión y frecuentes cambios en los objetivos de la producción.

La planificación de la producción, comienza con saber la capacidad de la empresa, esta capacidad, en teoría, es la producción máxima que podría obtenerse si no existiesen cosas tales como las limitaciones internas y externas. En realidad, sin embargo, maquinaria, equipo y personal rara vez actúan sin tal influencia, de aquí el término de **capacidad efectiva**, que es siempre menor a la capacidad de producción, por causas de las limitaciones físicas, de producción, de elaboración y humanas que dificultan la producción de piezas de mobiliario. Los límites físicos pueden ser consecuencia, entre otras cosas, de defectos en la ubicación o diseño de la fábrica o en los procedimientos de manipulación de materiales. Los límites de producción pueden tener sus raíces, por ejemplo, en esfuerzos de normalización y simplificación; en el número de líneas de productos o diseños establecidos; o en los requerimientos de calidad y de material de los productos. Los límites humanos, pueden relacionarse con los métodos de trabajo, intensidad laboral, moral, condiciones de trabajo, pautas de compensación y remuneración y mayor o menor experiencia de los trabajadores.

La capacidad efectiva de producción de la empresa actúa como "fieltro", separando las tareas que pueden ajustarse a turnos únicos o múltiples de aquellas que pueden subcontratarse con otras empresas. En operaciones intermitentes de fabricación de muebles, la capacidad efectiva de producción se expresa por lo general en horas de producción. En operaciones continuas, se expresa en cantidades por unidad de tiempo, por ejemplo, 300 pupitres escolares por mes.

Preparación de planes de producción.

Basándose en dibujos técnicos, especificaciones de producto y/o en muestras, se estiman las necesidades totales de materiales. Las estimaciones iniciales de materias primas (directas o indirectas) deberán tener en cuenta, deterioros, despilfarros, el pedido de la cantidad más económica, los puntos de nuevos pedidos, interrupciones, existencias, etc.. En la etapa de planificación del proceso, se elabora una lista de los tipos de maquinaria requeridos para fabricar el producto, así como de las horas máquina que se estiman son necesarias por proceso, como se muestra en la carta de producción de la figura 2.23. Tareas similares ejecutadas en el pasado, servirán de base para la estimación inicial de las necesidades totales de horas-máquina.

Tal estimación podrá ajustarse más adelante para compensar aquellos factores como la posible rotura de una máquina, reparaciones, irregularidades en el suministro de energía y disponibilidad de operadores.

EMPRESA DE MUEBLES				CARTA DE PRODUCCION				
INICIAL		ORDEN		MUEBLE		ESTILO		
ENSAMBLE		0985		MESA TRAPEZOIDAL				
PIEZA 1/2 CUBIERTA		CODIGO		MATERIAL MADERA APARENTE ROBLE		cm ³ PZA	cm ³ MUEBLE	
<p>ESQUEMA</p> <p>NOTA: MIRAR PLANTILLA</p>								
CANTIDAD				DIMENSION	LARGO	ANCHO	ESPESOR DE SJARR.	CANT.
UNITARIA	MUEBLE	%	BRUTA	L	102	47	4.5	
I	40	R		FINAL		45	4	
OP.	MAQ.	DESCRIPCION				CANT.	TIEMPO	OPERARIO
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
Cm. ³			N° ESTILO	N° PZA.	N° ORDEN	FECHA	CANTIDAD	
UNIDAD	PZA	ORDEN						

FIG. 3.23 CARTA DE PRODUCCION

A la planificación de procesos sigue la planificación de horas hombre. Este proceso empieza con la identificación de todas las áreas de producción en las que se necesitarán insumos de mano de obra. Las estimaciones de horas-hombre, pueden hacerse usando normas aproximadas basadas en los niveles de experiencia de los trabajadores y en registros de ausencias, retardos, etc., en algunos casos, la planificación de horas-hombre es mucho más sencilla que la planificación de procesos, ya que pueden asignarse a una máquina más de un trabajador. Los datos suministrados por la facturación de materiales, la planificación de procesos y la planificación de horas-hombre, permitirán preparar un cuadro principal de programación que debe recoger toda la información pertinente de que se disponga sobre los pedidos efectuados o en curso, tareas por completar etc.

Procedimientos básicos de control de la producción.

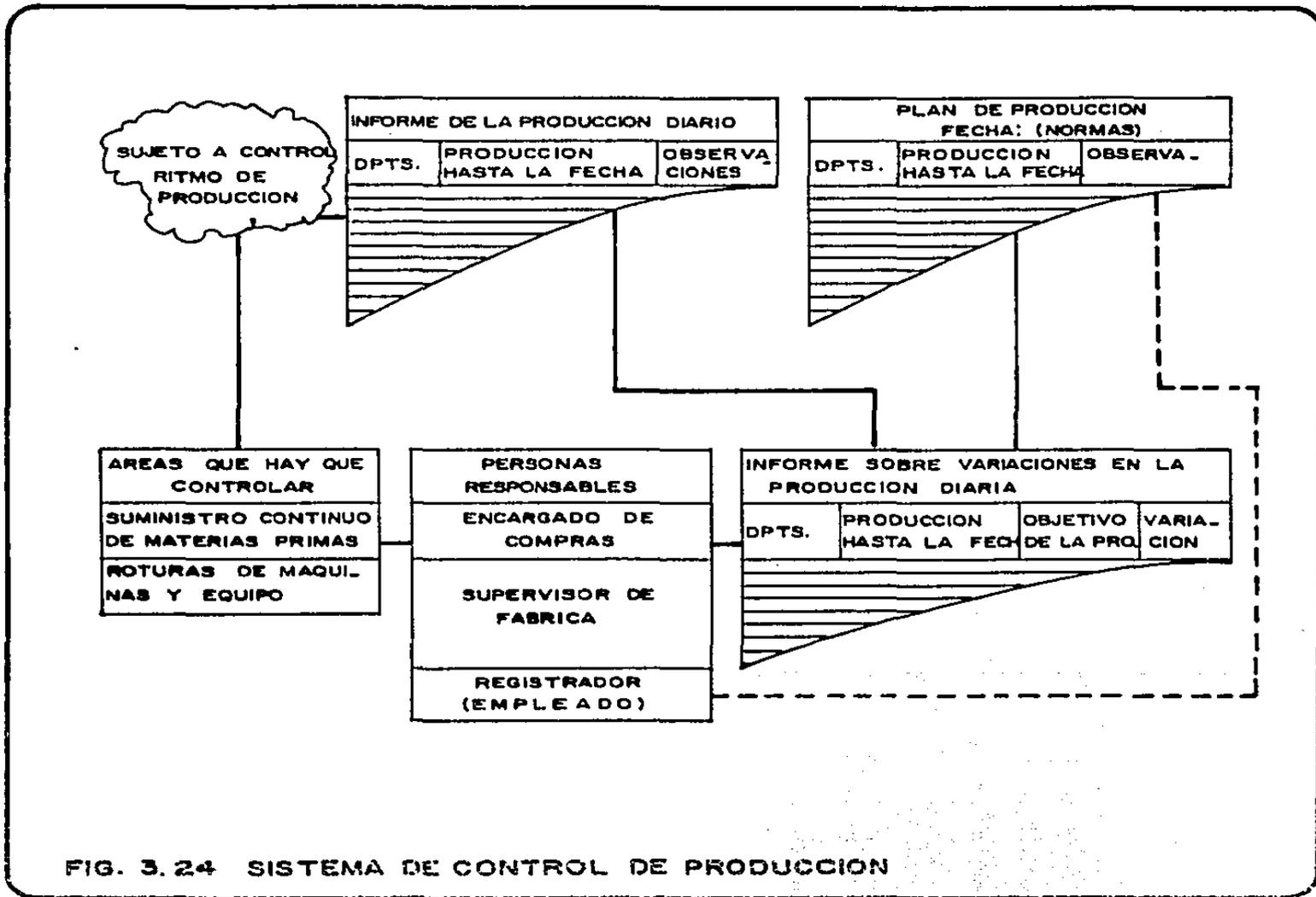
El control de la producción significa básicamente regular, sincronizar y coordinar todas las actividades que lleva consigo la fabricación, con el fin de que las fechas de entrega puedan cumplirse, los planes ejecutarse con eficacia y economía óptimas, y la calidad adecuada lograrse usando una mínima inversión de capital.

La mayoría de las empresas de fabricación de muebles, grandes o pequeñas, se ven asediadas por los siguientes problemas:

- a) Cómo satisfacer las peticiones de los consumidores en calidad y fechas de entrega.
- b) Cómo reducir costos de producción, aminorando así el precio del producto.
- c) Cómo mantener un nivel mínimo de inversión de capital.
- d) Como dar fluidez al ciclo de producción.

Estos problemas, parecen a veces irresolubles, ya que resultan contradictorios unos con otros.

Los elementos básicos de un sistema de control deben estar presentes en el control de producción. Como se presenta en la figura 3.24, aquí, sujeto a control, está el ritmo de producción que permitirá cumplir todos los compromisos de entrega a un costo relativamente bajo. Debería prepararse un informe de la producción diaria (o de ejecución), con objeto de seguir día a día el ritmo de fabricación. Este informe debería concordar con el plan de producción (que indica el ritmo deseado de fabricación). Las desviaciones del plan de producción se registran en un informe de las variaciones respecto de la producción diaria prevista.



Cada desviación ha de ser explicada por las personas responsables, que deberían además, aplicar las oportunas correcciones. El plan de producción puede a veces exigir ajustes a la luz de información adquirida después de estar acabada la etapa de planificación de la producción. El control de la producción es un proceso continuo de ajuste al ritmo real de producción para aproximarlo al deseado.

En términos generales, un sistema eficaz de control de la producción ayuda a :

- a) Sistemátizar la programación de los encargos;
- b) Optimizar la utilización de hombres y máquinas;
- c) Permitir un mejor control de los métodos de trabajo;
- d) Maximizar la satisfacción de los trabajadores, además de aumentar su eficacia;
- e) Minimizar los deshechos;
- f) Revelar opciones más remuneradoras para la fabricación de productos específicos.

Sistemas de control de la producción por encargo y por flujo.

En razón a que existen dos tipos generales de proceso de fabricación: continuo e intermitente, es difícil sin embargo, clasificar a las empresas según el tipo de proceso de fabricación ya que la mayoría utiliza ambos, y se generan dos sistemas básicos de control de la producción: control por encargo y control por flujo.

Control por encargo

Se aplica este sistema de control, cuando la empresa usa el proceso intermitente, o sea, cuando

- a) Fabrica una variedad de productos por encargo;
- b) Fabrica pequeñas cantidades de unidades que rara vez se vuelven a pedir;
- c) Usa maquinaria y equipo universales en la elaboración de sus productos;
- d) Está configurada según las líneas del proceso de producción;
- e) Basa sus actividades de fabricación en registros de ventas anteriores.

Una característica del sistema de control por encargo, es que el proceso de control de la producción empieza en realidad con la firma del contrato o acuerdo entre la empresa y el cliente, sobre tipo, cantidad y calidad de los productos que se fabricarán, y fecha de entrega. Los elementos de este acuerdo se recogen en la hoja de planificación de la producción y algunas veces en la hoja de pedido. Ahora se establece un plan de funcionamiento que muestre el flujo más apropiado de los materiales en la fábrica, con base en los distintos procesos de fabricación requeridos. Las necesidades estimadas de tiempo, materias primas y horas-máquina para cada paso de la fabricación relacionado con un encargo específico deberían figurar en ese plan, (figura 3.25). Esto conducirá al establecimiento de una programación eficaz de la producción, y asegurará que los productos lleguen al almacén de producto terminado en la fecha estipulada.

Para llevar a cabo con éxito esta operación se seguirán los siguientes pasos:

a) El producto debe dividirse en sus componentes principales y secundarios y decidir si conviene producirlos o comprarlos. Esto significa, determinar por anticipado qué partes o componentes sería económico para la empresa producir y cuales sería más ventajoso adquirir.

b) El propietario-gerente debe familiarizarse con los modos alternativos de suministrar los servicios estipulados en el pedido, con el fin de seleccionar los procesos más económicos antes de insertar el pedido en el sistema de producción.

c) Debe comprobarse que los diversos plazos para pedir las materias primas necesarias a los proveedores son realistas.

d) Debe analizarse cuidadosamente la situación de los pedidos en curso, así como los que se tengan previstos, antes de establecer un programa para el nuevo pedido. En el anexo No.2, se presenta un ejemplo de balanceo de máquinas para la producción en curso.

Alcanzando este punto, se prepara una programación formal, usando preferentemente un diagrama de Gantt o el Análisis de redes PERT (técnica de examen y evaluación de programas).

El diagrama de Gantt, muestra el tiempo y las actividades relacionadas con un proceso, desde la adquisición de materias primas hasta la terminación del producto. En la fabricación de muebles, pueden emplearse dos tipos de diagrama de Gantt: un diagrama de registro de máquina y otro de registro de operador.

Ambos utilizan procedimiento similares y difieren sólo en el tipo de causas del posible fracaso en el cumplimiento de los

planes de producción.

La red PERT, es una representación lógica de las secuencias y procedimientos relacionados con todas las actividades de fabricación de un determinado pedido.

Nunca se podrá completar satisfactoriamente el proceso de programación, si no se emplea un diagrama de comprobación de la producción que indique la ejecución paso a paso de los distintos pedidos. De esa programación surgirá un informe resumido del proceso de cada pedido que se esté ejecutando. En el anexo No.3, se presenta una aplicación del diagrama de Gantt y la red PERT.

Sistema de control por flujos.

El sistema de control por flujos, se aplica a pequeñas empresas que empleen el proceso continuo de fabricación. Tales empresas se caracterizan por :

- a) Fabricación en gran cantidad de productos normalizados;
- b) Departamentalización de la fabrica por productos;
- c) Uso de máquinas para fines especiales;
- d) Tendencia a contratos de ventas a largo plazo y producción para almacenar.

La función primaria del control por flujos es brindar un control adecuado al ritmo que fluye un producto o material a lo largo de la empresa. Una empresa que use el proceso continuo de fabricación puede beneficiarse de las ventajas económicas del sistema de producción en masa, es decir, velocidad, pocas materias en transformación, bajos costos unitarios, supervisión más simple, y métodos sencillos de control de la producción. Incluso si el control por flujos se aplica relativamente poco en comparación con el control por pedido, los elementos básicos siguen siendo los mismos : preparar, programar, distribuir y acelerar.

En la fabricación continua, se debe indicar al departamento de producción lo que tiene que fabricar, y en qué cantidades y par qué fecha.

Los elementos básicos del control por flujos, son :

a) **Preparar**, El personal de producción debe estar familiarizado con los distintos procesos relacionados con la fabricación del producto, ya que los procesos pueden exigir componentes y herramientas especiales.

b) **Programar**, El diagrama de Gantt, se presta para los

métodos de control por flujos; no obstante, deben usarse además diagramas para comprobar la marcha de la producción.

c) **Distribución de tareas**, Una vez preparados los programas y planes operativos, el departamento de control de la producción se pone en contacto con el departamento de compras para la adquisición de las materias primas. Envía entonces al personal de producción, instrucciones sobre los procesos de fabricación que deben emplearse.

DISTRIBUCION DE LA PLANTA

La distribución de la planta, tiene que ver con decisiones acerca de la localización de las máquinas, de las oficinas, del equipo, las ventanas, las circulaciones, alimentación de energía, los bebederos, los almacenes y todas las demás instalaciones de la planta. Una buena distribución, permite el flujo eficiente de los materiales a través de las áreas de trabajo, obtiene el máximo uso del espacio disponible y minimiza los costos por concepto de manipulación, papeleo, transporte e inventario.

La mayor parte de los casos de distribución de plantas, corresponden a redistribuciones de los medios ya existentes, más bien que al diseño de disposiciones para equipo nuevo. Ya en sí es un desafío comenzar sin nada y concebir la distribución del equipo alrededor del cual, se construirá el edificio, pero la redistribución de los medios existentes es aún más difícil. La redistribución debe competir con las limitaciones impuestas por la existencia de paredes, escaleras y equipo difícil de mover.

Se siguen generalmente dos patrones básicos de distribución, con algunas variantes :

Una distribución por **Proceso**, requiere el agrupamiento de equipo similar, o sea, máquinas que realizan la misma función (utilizado en el tipo de producción por lotes en grupo), recibe también el nombre de **distribución funcional**. Cada departamento está constituido por un grupo de herramientas, o de personas realizando tareas similares, por ejemplo, se tiene un departamento de tornos, departamento de taladros etc..

Una **distribución por producto**, agrupa el equipo de tal manera que las diferentes clases del mismo, que son necesarios para elaborar un mismo producto o líneas de productos, se localizan juntos. Con esta clase de disposición, por ejemplo, se encontrarían departamentos con el nombre de dpto. de sillas, dpto. de libreros, dpto de mesas, etc..

Típicamente, los componentes se hacen en departamentos arreglados según proceso y después el montaje o ensamble final, tiene lugar sobre la base de producto. Esta característica

explica porqué la distribución por producto se identifica a menudo como **distribución por línea de montaje**.

Hay desde luego, ventajas y desventajas en cada tipo de distribución. La distribución por producto, puede resultar en costos más bajos por concepto de manejo de materiales, debido a que las estaciones se hallan inmediatas. El tiempo total para fabricar, es por lo común menor con una distribución por producto. Además, se tiene menos trabajo en proceso ya que, aunque hay un producto sin terminar en cada estación de trabajo a lo largo de la línea de montaje, es poco comparado con la gran acumulación de materiales que generalmente se encuentran esperando en cada departamento de proceso.

En una línea de montaje, se hace énfasis en un incentivo de grupo ya que, a todos los trabajadores se les paga sobre la base del rendimiento total del grupo.

La planeación inicial, para una distribución por producto o línea de montaje, es bastante difícil y detallada. Una vez que el equipo es distribuido y determinada la secuencia de operaciones, es muy complicado realizar alteraciones, por lo tanto, se aplica mucho esfuerzo en la planeación. Sin embargo, una vez que ésta se ha realizado, se simplifica relativamente el control diario de la producción, ya que es fácil seguir el curso de progreso del producto desde el origen de la línea. Una ventaja más de la distribución por producto, es que es menor el grado de calificación requerido de los trabajadores. Cada hombre realiza en forma repetitiva las tareas y hay muy poca necesidad de trabajadores versátiles altamente calificados.

La ventaja primordial de la distribución por proceso, es su flexibilidad. El mismo tipo de equipo puede ser utilizado para una diversidad de procesos, sólo cambiando la secuencia de su aplicación. En el caso de descomposturas del equipo, el trabajo puede realizarse en una máquina adyacente, en tanto que se lleva a cabo la reparación. Pero en la línea de montaje, cuando una unidad del equipo o un trabajador fallan, es toda la línea la que queda fuera para reparaciones o reemplazos.

Una distribución funcional, hace énfasis en los incentivos individuales, ya que cada obrero trabaja de manera algo independiente de los demás y maneja muchos productos diferentes. Sin embargo, es necesario planear cada trabajo cuando la orden es recibida, la flexibilidad se logra a cambio de un esfuerzo en la planeación y programación diaria.

Debido a las ventajas relativas de cada uno de los tipos de distribución, hay situaciones en las que una de ellas es preferible a la otra. Cuando se fabrica sólo uno o unos cuantos productos estandar, resulta indicada la distribución por producto. Debe tratarse también de un volumen importante de dicho producto a lo

largo de un periodo considerable de tiempo para que se justifique el gasto en la planeación inicial y en la inversión generalmente fuerte para equipo especializado dedicado en forma exclusiva a la producción del producto o línea de productos. En estos casos, es posible obtener costos bajos unitarios de fabricación, así como ventajas de costo en otras áreas, tales como inventarios o almacenes. En general debe ser posible, manejar de manera continua el producto, en forma mecánica para obtener totalmente las ventajas de esta tipo de distribución.

Por otro lado, cuando la línea de productos consiste en una variedad amplia de artículos o cuando la administración necesita satisfacer los deseos particulares de los clientes y atender pedidos especiales, una distribución por proceso es la que resulta indicada. Esta es típica del llamado "taller de trabajos" en el que se fabrica cada producto, solamente después que ha recibido el pedido del cliente, en lugar de producir para un almacén de donde fuesen atendidos los pedidos. También resulta indicada una distribución funcional cuando se requieren muchas inspecciones o si el volumen por producto es bajo.

La flexibilidad, es un aspecto clave de la distribución por proceso, pero el diseño inteligente del producto, puede permitir que se obtengan las economías en la producción de alto volumen en línea de montaje. Por ejemplo, si las partes diferentes de un grupo de productos, pueden montarse a un módulo básico, ésta porción básica común, puede fabricarse con una distribución funcional. También puede lograrse flexibilidad a través de sistemas complicados de programación y control, como en la industria automotriz. Desde luego, la flexibilidad debe ser una característica de cualquier distribución, si se espera poder realizar con facilidad cambios y modificaciones futuras. Por medio de una ubicación apropiada del equipo, y de un versátil acceso a la instalación elevada y subterránea de las líneas de suministro de aire, electricidad y vapor, se hará más fácil la realización de cambios futuros.

PARAMETROS GENERALES PARA UNA DISTRIBUCION DE PLANTA.

Se enuncian en forma general, las operaciones básicas que se requieren para los procesos de fabricación de muebles en serie, no sin antes recalcar, que toda producción que vaya a realizar una empresa, debe obedecer a un diseño de producto y esto generará los pasos a seguir en su fabricación.

El diagrama presentado, pretende incluir total las operaciones y los posibles flujos de una fabricación de muebles, para que sirva de guía en la elección de un proceso determinado para un producto específico.

Descripción general.

Para la producción de muebles de madera, la materia prima reaserrada en bloques, tablas y tablones, inicia su proceso de transformación, reduciendo sus niveles de humedad a un C.H. estipulado, mediante el proceso de secado (artificial o natural).

Luego la madera pasa al departamento de corte y desbaste en donde se traza, escuadra, deshila, cepilla y rodea; de aquí salen las piezas con medidas en bruto hacia los departamentos de enchape y laminado o hacia doblado si se requiere, para luego llegar a maquinado donde se traza, rodea, cala, rectifica, escuadra, escopla, espiga, ranura, moldura; es decir, las piezas salen con las medidas finales hacia talla o torno, según se necesite, para llegar a lijado donde se seleccionan, resanan y luego liján, una vez lijadas las piezas pasan a ensamblaje, donde se montan los herrajes, se aplican los pegamentos y se prensan los elementos o conjuntos. Una vez ensamblados el proceso sigue en tapicería o pintura, según sea el estilo del mueble que se quiera fabricar, para luego llegar a terminación y embalaje como parte final del proceso.

En síntesis los procesos básicos son : Programación y Diseño, Secado, Corte y desbaste, Maquinado, Lijado, Ensamble, Pintura, Terminado y Embalaje o empaque.

1.- PROGRAMACION Y DISEÑO.

Se hace con base en la investigación de mercado; una vez conocido el mercado se hace el montaje en planta para determinado producto.

El departamento de diseño elabora los planes de producción, programa la elaboración de prototipos y controla su proceso y calidad.

En esta etapa se realizan las siguientes operaciones :

Concebir. Es un trabajo de iniciativa y creatividad, que consiste en organizar una idea de algo que se desea hacer.

Dibujar. Consiste en llevar al papel lo concebido, esquematizándolo y dimensionándolo.

Planificar. Todas las operaciones deben obedecer a una visión u ordenamiento de acuerdo a lo que se requiere a corto, mediano y largo plazo, para poder desarrollar el proceso de fabricación.

Controlar. Consiste en hacer seguimiento al proceso en la fabricación de las piezas.

Programar. Consiste en concretar llevando a cuadros lo que se ha

planificado. Esta operación debe dar respuesta a : Quién, cuándo, dónde y cómo se ha de llevar a cabo los procesos de producción.

Elaborar prototipo. Se trata de hacer modelos o muestras con base en dimensiones preestablecidas y con materiales requeridos, a fin de que una vez analizados y corregidos sirvan de patrón para la producción.

Decorar. Es la operación donde se dan los revestimientos y aplicaciones necesarias al producto para conseguir una mejor presentación.

2.- PATIO DE SECADO.

Le corresponde la recepción de la materia prima en bloques, el reaserrado en dimensiones requeridas para la producción, el secado natural y/o artificial, la inmunización y control de inventarios de la materia prima.

Sus operaciones son :

Recibir. Hace relación a la operación de recibir la madera adquirida como materia prima, cumpliendo con las determinadas especificaciones.

Aplanar. Consiste en dar planitud necesaria a una de las caras del bloque o troza de madera.

Deshilar. Consiste en reaserrar las piezas (reaserrado), a las medidas requeridas para la producción.

Clasificar. Consiste en agrupar la materia prima de acuerdo a especificaciones de dimensiones y calidad.

Apilar. Se trata de colocar en zonas la materia prima clasificada, dispuesta de tal forma que permita un secado natural eficiente.

Secar. Se refiere a la disminución del porcentaje de humedad de la materia prima, con miras al proceso productivo requerido.

Cubicar. Se hace con base en las medidas en bruto. Consiste en calcular el volumen de los bloques de madera en Mts.3 o Pie tablar.

Almacenar. Consiste en organizar por inventarios la madera en un lugar para sus procesos posteriores.

Inmunizar. Consiste en dar el tratamiento especial a la madera para prevenirla de plagas y enfermedades.

3.- CORTE Y DESBASTE.

También toma el nombre de premaquinado, le corresponde la preparación de las piezas de madera y tableros encolados en dimensiones de largo, ancho y espesor con las tolerancias exigidas por la producción industrial.

Las operaciones son:

Tronzar. Llamado también trozar, consiste en cortar la madera en sentido transversal según dimensiones en bruto de los componentes de un producto.

Escuadrar. Se trata de dejar los lados adyacentes (cara y canto) de una pieza, perpendiculares entre sí.

Cepillar. (degrosar), es la acción de calibrar anchos y espesores en las piezas.

Deshilar. Consiste en cortar la madera longitudinalmente según dimensiones en bruto de los componentes de un producto.

Delinear. Consiste en hacer un corte recto longitudinal para dar anchos y espesores a las piezas premaquinadas. Se da buena calidad de corte para tableros encolados.

Encolar. Consiste en unir con pegamento las piezas de madera, para hacer tableros, indiferentemente que sea por caras o por cantos.

Prensar. Es la acción de ajustar cohesionando los listones encolados, para formar tableros.

Bolillar. Consiste en cilindrar longitudinalmente las piezas de madera.

Moldurar. Es la ejecución de un perfilado longitudinal en una pieza a toda su longitud.

4.- ENCHAPADO.

Son procesos inherentes al recubrimiento de superficies con madera o sintéticos, sobre un material de base como, tableros de madera enlistonada o tableros de madera aglomerada o contraplacados.

Las operaciones son :

Laminado. Es el proceso mediante el cual se elaboran piezas o partes de muebles a base de láminas de madera encoladas.

Dimensionar. Son actividades relacionadas con el aserrado de láminas o tableros, en cuanto a control de medidas.

Tronzar. Son actividades relacionadas con el cortado de chapas de madera a lo largo.

Delinear. Actividades relacionadas con el corte de las chapas a lo ancho.

Unir. Se trata de ensamble de los recubrimientos en general para formar pliegos.

Encolar. Son las actividades relacionadas con la aplicación de pegamentos tanto a recubrimientos como a substratos.

Presionar. Se refiere al unido de las piezas rectas o curvas para el secado del pegamento por presión.

Rectificar. Se trata de la eliminación de rebordes y/o rebabas de prensado de los tableros.

Enchapar cantos. Es el recubrimiento de los cantos y testas con chapillas o molduras.

Laminar. Hace relación a la preparación y elaboración de piezas laminadas, curvas o rectas.

Doblado. Le corresponde curvar la madera sólida con ayuda de calor, moldes y agentes químicos.

Sus principales operaciones son :

Dimensionar. Controlar las medidas de largo, ancho y diámetros en el proceso de doblado.

Seleccionar. Es la actividad en la cual se controlan los contenidos de humedad y las características de las fibras de las especies.

Ablandar. Son aquellas actividades por las cuales se le da plasticidad a la madera.

Doblar. Consiste en darle forma a las piezas de madera ablandadas.

Secar. Se refiere al proceso de eliminación del exceso de humedad en la madera para conservar una forma definitiva.

Encolar. Aplicar adhesivos a partes, para la elaboración de un todo.

Clasificar. Hace relación al control de defectos de la madera curvada.

6.- MAQUINADO.

Le corresponde dar medidas, formas precisas y finales a las piezas para la fabricación del mueble.

Las operaciones son las siguientes :

Trazar. Es la acción de marcar la madera utilizando herramientas como escuadras, falsas escuadras, compás, plantillas, etc..

Dimensionar. Se trata de dar medidas finales a la pieza.

Rodear. Consiste en hacer aserrado curvilíneo en sierra de cinta, con ayuda de plantillas y dispositivos.

Rectificar. Cepillar las piezas curvilíneas a medidas finales con ayuda de fresadora de árbol.

Escoplear. Hacer vaiados alargados, pasantes abiertos o cerrados para ensamblar espigas.

Endentar. Es hacer espigas en forma de diente, también llamado cola de milano.

Espigar. Es el perfilado en el extremo de las piezas, que ajustará en la escopladora.

Ingletear. Acción de cortar la madera en ángulo de 45 grados simple o compuesto.

Canalar. Ejecutar abertura estrecha y larga en el sentido de las fibras de la madera.

Ranurar. Ejecutar abertura estrecha y corta a través de las fibras de la madera (pasante o interrumpida).

Rebajar. Acción de vaciar completo o interrumpido, partes generalmente internas de una pieza con fresadora de cabezal superior (ruteadora).

Fresar. Acción de perfilar la pieza al trabajarla, mediante el movimiento relativo de la fresa y la pieza.

Perforar. Acción de abrir orificios pasantes o no, en piezas de madera.

7.- TORNO.

Se caracteriza por la obtención de superficies, cilíndricas, troncónicas, angulares, concavas y convexas, mediante la utilización de tornos manuales, semiautomáticos y herramientas relativas al proceso.

Las operaciones son las siguientes :

Trazar. Consiste en marcar en la madera por testas y contornos de las piezas a tornear. Para ello, se requiere la fabricación y utilización de patrones y/o plantillas.

Encolar. Aplicar adhesivos para compactar piezas de madera para diferentes modalidades de trabajo.

Cilindrar. Desbastar y alisar una pieza cilíndricamente.

Espigar. Es el perfilado que se hace en el extremo de las piezas, el cual calzará en la perforación respectiva.

Figurar. Acción de dar figura o forma al producto que se quiere obtener según el modelo, plano o plantilla.

Perforar. Se trata de abrir los orificios pasantes y no en piezas de madera.

Lijar. Se refiere a eliminar asperezas del maquinado a piezas de madera por medio de telas abrasivas.

8.- TALLA.

Consiste en obtener figuras diversas en alto y bajo relieve, mediante la utilización de máquinas y herramientas destinadas a tal fin.

Las operaciones son las siguientes :

Dibujar. Elaborar detalle en la madera de la forma deseada. También se elaboran las plantillas necesarias para el control del tallado.

Trazar. Consiste en marcar centros, caras y cantos de la pieza para determinar las partes que llevan tapizado.

Picar. Profundizar en la madera las partes del contorno del dibujo.

Vaciar. Dar releve al dibujo o motivo quitando partes sobrantes para determinar profundidad.

Modelar. Figurar o dar forma real a las partes del dibujo que resultan, ya sea en alto o en bajo relieve.

Retocar y/o Emparejar. Corregir topes, una vez el mueble está ensamblado.

Calar. Resaltar la talla mediante perforaciones o vaciados pasantes.

9.- LIJADO.

Es la operación que se hace manual o mecánicamente, utilizando papeles o telas abrasivas con el fin de mejorar y preparar superficies para el proceso de pintura.

Las operaciones son las siguientes :

Resanar. Consiste en cubrir imperfecciones con masillas. Estas imperfecciones pueden haber sido causadas por el maquinado en contrafibra o por insectos que atacan la madera en el bosque.

Lijar caras. Consiste en dar acabado con materiales abrasivos a superficies planas y anchas.

Lijar cantos. Consiste en dar acabado con materiales abrasivos a superficies generalmente angostas.

Lijar curvas. Consiste en dar acabados con materiales abrasivos a superficies con forma de arco.

Retocar. Consiste en volver a lijar o resanar piezas cuando las circunstancias así lo requieran.

Calibrar. Determinar por mediciones o por comparaciones con un patrón, las dimensiones de los componentes de un mueble.

10.- ENSAMBLE.

Es el proceso mediante el cual se arman los subconjuntos y conjuntos del mueble en general.

Las operaciones son :

Clasificar. Separar y ordenar las partes según se requieran para su ensamble.

Encolar. Aplicar adhesivos a partes.

Pre-ensamblar. Conformar partes de un todo que conllevan al proceso posterior de ensamble.

Fijar. Acción de sujetar, las partes encoladas.

Ensamblar. Conformar muebles con los subconjuntos y conjuntos pre-ensamblados.

Profijar herrajes. Es la colocación de accesorios requeridos por el mueble, (chapas, bisagras, tiraderas, correderas etc.).

Retocar. Inspeccionar y cubrir ligeras imperfecciones en el mueble ensamblado.

Ajustar. Acción de igualar o hacer llegar a un tope las piezas ensambladas.

11.- PINTURA.

Es el proceso que tiene por objeto proteger y embellecer partes y muebles.

Sus operaciones son:

Controlar calidad. Se realiza durante todo el proceso y consiste en revisar y dar el visto bueno a todas las superficies de madera. Todo operario debe ser responsable de la calidad.

Preparar superficie. Aprestamiento de las superficies de madera para dejarlas aptas y así poder hacer aplicaciones de productos de imprimación o de base.

Tinturar. Aplicación del material altamente diluido y con concentración pigmentaria volumétrica alta, sobre superficie de madera para resaltar la veta.

Sellar. Aplicación de material con alto contenido de sólidos para obturar los poros fibras de la madera.

Lijar. Aplicación de papel abrasivo sobre las superficies prepintadas, para la obtención de un perfil de rugosidad, que permita la adherencia de las capas siguientes.

Aplicar acabado. Impregnar con una o varias capas de material de acabado transparente, las superficies ya selladas.

Decorar. Aplicación sobre superficies ya selladas de material decorativo, para obtener acabados novedosos.

Pulir. Aplicación de pastas abrasivas o material abrasivo para obtener por frotación superficies tersas, brillantes o mates.

12.- TAPICERIA.

Consiste en hacer que las partes duras de los asientos y respaldos de muebles, desaparezcan y se conviertan en partes blandas y confortables, mediante materiales de relleno y de recubrimiento.

Sus operaciones son :

Cinchar. Consiste en conformar plataformas de soporte (asiento,

respaldo y/o brazos), mediante la utilización de cinchas (bandas elásticas o de material tejido), para sostener resortes o materiales de relleno.

Resortar. Colocar resortes sinuosos o espirales sobre superficies de apoyo.

Rellenar. Selección y aplicación de diferentes materiales de relleno para convertir las partes duras en blandas.

Trasar. Consiste en distribuir las plantillas con base al aprovechamiento del material y a la armonía del diseño.

Cortar. Obtención mediante la acción de cortar, de los diferentes materiales de recubrimiento. Para el máximo aprovechamiento del material, se deben fabricar y utilizar diferentes dispositivos llamados moldes o patrones.

Coser. Manejo de diferentes máquinas, especiales para tapicería, en la elaboración de diferentes piezas que van a tapizar el mueble.

Tapizar. Es la fijación de diferentes materiales de recubrimiento que lleva el mueble tapizado.

Esterillar. Consiste en conformar plataformas de soporte aparentes, mediante utilización de fibras de material o sintéticas llamadas esterillas.

Terminar. Es la colocación de adornos o apliques sobre el mueble tapizado. Además, es la colocación de bases y/o patas y herrajes.

14.- TERMINADO.

Consiste en fijar herrajes, vidrios y montaje de partes para presentar el mueble totalmente acabado.

Las operaciones son :

Fijar herrajes. Colocación de partes metálicas a los muebles.

Fijar cristales. Colocación de las partes de vidrio que lleva el mueble terminado.

Fijar partes. Ensamblaje de partes acabadas y tapizadas para conformación del mueble.

Fijar decorativos. Colocación de partes especiales para embellecer el mueble terminado.

14.- EMBALAJE.

Tiene por objeto, proporcionar al mueble un empaque para protegerlo durante su transporte.

Las operaciones a realizar son :

Controlar. Consiste en mantener actualizado el inventario de muebles, clasificarlos y organizarlos de acuerdo al despacho que se quiera hacer.

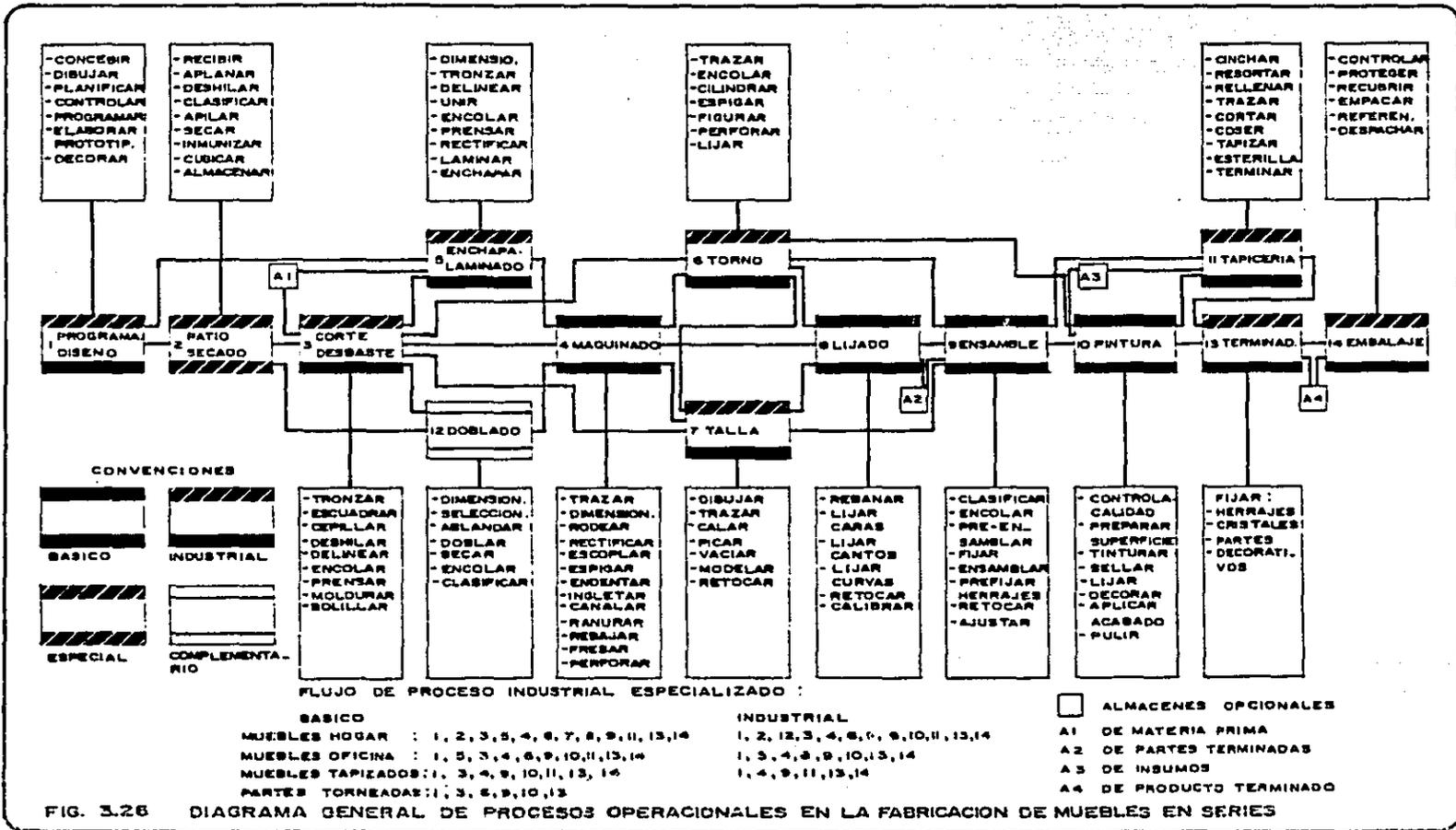
Proteger. Fabricar dispositivos de protección para las partes más expuestas del mueble.

Recubrir. Consiste en forrar el mueble con algun material resistente (cartón, poliestireno expandido), para protegerlo del medio ambiente.

Empacar. Acción de introducir los muebles recubiertos en cajas o huacales con sus respectivos protectores, amarrando o zunchando en forma simétrica.

Referenciar. Consiste en marcar las cajas o huacales que contienen la producción, con toda la información necesaria para su correcta identificación por parte del usuario.

Despachar. Acción de enviar los muebles embalados, registrandolos en sus respectivas fichas de existencias.



BIBLIOGRAFIA

- (I).- Thomas R. Hoffmaun, Producción, Sistemas de Administración y Fabricación. Compañía editorial Continental S.A. de México. 1988.
- (II).- Samuel Eilon. Elements of Production planning and control. Editorial Macmillan / Maruzen. 1962.
- (III).- John L. Burbidge. El control de producción. Editorial Deusto J.A. 1979.
- (IV).- Organización Internacional del Trabajo. O.I.T. Introduction to work study. Tercera edición, 1979.
- (V).- Benjamin Coriat. El taller y el cronometro. Segunda edición. Editorial Siglo XXI. 1982.
- (VI).- Lawrence D. Miles. Techniques of value analysis and engineering. Segunda edición. Macgraw-Hill, 1972. y Manual on value analysis ID.
- (VII).- James M. Autill, Ronald W. Woodhead. Método de la ruta crítica. Editorial Limusa. 1988.
- (VIII).- P. Paavola. Furniture and Joinery industries for developing countries. 1983.
- (IX).- G. Velázquez Mastretta. Administración de los sistemas de producción. Quinta edición. Editorial Limusa. 1983.
- (X).- Raymond Mayer. Production and operations Mannagement. Tercera edición. Macgraw-Hill. 1975.

CAPITULO 4 : LA INDUSTRIA

ASPECTOS GENERALES DE LA MICRO Y PEQUEÑA INDUSTRIA.

El objetivo de este capitulo es, determinar la importancia y el desempeño que en un pais en via de desarrollo podria realizar, la micro, pequeña y mediana industria, si se encuentra eficientemente orientada por el Estado y organizada como sector determinante de la producción, asi mismo se presentan ejemplos de las actividades que están desarrollando para promover este sector, en paises que reconocen o están reconociendo la importancia del mismo, tales como Japon, Brasil y Mexico.

Los paises en via de desarrollo necesitan cada vez mas de información tanto general como tecnica, con el fin de promover los cambios necesarios en su proceso de autosuficiencia y competitividad con mercados internacionales. Este estudio generado con base en la micro y pequeña empresa pretende destacar algunos puntos esenciales como propuesta para implementar a este sector de la economía tan importante en zonas de desarrollo, teniendo en cuenta los escasos recursos economicos en relacion con los posibles resultados esperados, (y con el fin de que el sector de micro y pequeña industria sea factor relevante en las economias de paises en desarrollo).

Cuando hablamos de organizacion, podemos determinar que sea una reestructuración del gran sector de la economía compuesto por la micro y pequeña industria, esta reestructuración crea nuevos mercados para bienes de capital y bienes de consumo y contribuye a una asignación más eficaz de los recursos. Los paises difieren entre si en cuanto a desarrollo industrial, extensión territorial, población, recursos de materias primas, de energia, acceso a comunicaciones internacionales, capacidad tecnologica, sistemas economicos y politicos, (papel del sector privado y sector publico) etc., debe ser una reestructuración que favorezca a cada pais.

En conjunto, un pequeño grupo de paises de America latina y de Asia contribuye con unas tres cuartas partes de la producción industrial total de los paises en desarrollo, el proceso de industrialización de los paises en desarrollo, se ha venido caracterizando por su CONCENTRACION.

La incorporación de los paises en desarrollo en un sistema mundial en constante formación, se efectua mediante diversos agentes e instrumentos. El denominador común a todos ellos es que vinculan a los usuarios (de paises en desarrollo) de recursos extranjeros al plan de integración industrial de los agentes economicos de los paises industrializados. En general podemos decir que el "paquete" de ayuda extranjera limita notablemente la libertad de elección de los industriales de paises en desarrollo en cuanto a la compra de equipo y al destino de la producción. El proceso de inversión extranjera directa bajo la forma institucional de organizacion de empresas transnacionales condiciona una

serie de bienes industriales y supedita el uso material y financiero de los mismos a los objetivos internos de dichas empresas transnacionales, buscando con ello estructuras productivas transnacionalmente integradas pero nacionalmente fragmentadas.

Este tipo de constitución de sociedades ha tenido como resultado un aumento de la actividad industrial en los países en desarrollo, pero también una grave limitación de control nacional sobre insumos y productos. No hay que dejar de tener en cuenta que los objetivos de la inversión extranjera son: a) Obtención de materias primas importantes, tanto minerales como agrícolas. b) Acceso a los mercados de los países en desarrollo para la venta de productos intermedios y productos finales. c) Obtención de mano de obra barata, para su empleo en la producción destinada a los mercados de países industrializados. d) Acceso a las ventajas que suponen los incentivos financieros nacionales y la inexistencia de obstáculos legales a la producción como limitaciones relativas al medio ambiente.

La finalidad de toda política de industrialización de los países en desarrollo debe ser siempre, tratar de generar una estructura coherente con fuertes circulaciones verticales (internacionales) como horizontales (nacionales). Los objetivos sectoriales, como por ejemplo, un mayor grado de elaboración de materias primas nacionales, el establecimiento de industrias pesadas y la producción en serie de bienes de consumo, podrán considerarse como complementarias al objetivo estructural. La finalidad que debe perseguirse es lograr, en menor tiempo posible una estructura industrial más diversificada, más coherente y más perfeccionada y moderna.

LA ORIENTACION DE LA MICRO Y PEQUEÑA INDUSTRIA.

Con el fin de ilustrar mejor la importancia de la micro y pequeña empresa describo ejemplos tales como Japon, Brasil y Mexico de lo que se ha y está haciendo en este campo.

JAPON.

Se incluye como ejemplo de haber estudiado, detectado y valorado el sector de la pequeña y mediana empresa. La tendencia a formar sistemas elaborados en la división del trabajo, conservando su independencia administrativa, en vez de conducir todos los aspectos de las actividades económicas dentro de la misma empresa. Las pequeñas y medianas industrias en el sector manufacturero proveen no solo productos ligeros sino también partes y servicios como subcontratantes en la fabricación y ensamble de equipos considerados como productos de las grandes empresas.

Segun investigacion del estado de la industria en 1981, el numero de empresas subcontratistas estaba en el nivel de 465000, y ocupa el 65,5% de las empresas pequeñas y medianas del sector manufacturero. La participación de la empresa subcontratista es sumamente alta en la fabricacion de maquinaria (88,80%), textil y productos textiles (87,85%), y fabricacion de productos metalicos (79%).

Mientras que los sistemas de subcontratacion mantienen una estructura muy sofisticada en conjunto, existen diferencias entre las pequeñas, medianas empresas y las grandes, en terminos de productividad laboral, salario y condiciones de trabajo. Pero tambien es cierto que las pequeñas y medianas empresas estan en una posicion de desventaja en los terminos y condiciones de las transacciones, actualmente existe la actividad de promover su esfuerzo autoiniciado, a traves de la creacion de condiciones equitativas en competitividad con las grandes empresas.

El gobierno ha creado varios sistemas de cooperativas y organizaciones de pequeñas y medianas empresas, instrumentandolas con esquemas de financiamiento y sistemas tributarios con el objetivo de solucionar sus problemas tales como ineficiencia debido a las operaciones en pequeña escala, competencia excesiva entre estas empresas y condiciones comerciales desfavorables con las grandes empresas.

Como una promocion y proteccion institucional para mejorar e incrementar el sector de pequeñas y medianas empresas, podemos citar como ejemplo varias leyes que amparan dicho desarrollo:

- 1.-Ley para prevenir el retraso de pagos sobre subcontratacion y asuntos relacionados (1956).
Normaliza transacciones mediante la subcontratacion, regulariza ejercicios de transacciones injustas, retrasos en los pagos y regateo de precios sin razon. Se supervisa por medio de una agencia de empresas pequeñas y medianas a traves de analisis de encuestas llenadas tanto de empresas patronales como subcontratistas y de inspecciones de campo cuando es necesario.
- 2.-Ley para el fomento de subcontratacion de pequeñas y medianas empresas (1970).
Establece lineamientos para promover subcontratistas pequeños y medianos a traves de la cooperacion de los grandes, proporciona orientacion y sistemas de planes de proyectos que seran ejecutados por las cooperativas organizadas y establece la asociacion para el fomento y mejorar las relaciones entre las partes.

En la epoca actual y futura la estructura industrial japonesa modificara el sistema de subcontratacion tambien fuera del pais, como resultado de la internacionalizacion de las empresas patronales y aumentara la participacion de la pequeña y

mediana industria en las inversiones realizadas y en los impulsos de intercambio de tecnología y recursos humanos con el mundo.

BRASIL.

Después de la seria recesión ocurrida durante el periodo de 1981-1983, la economía brasileña tuvo una rápida recuperación en el trienio 1984-1986, con el producto interno bruto (PIB), creciendo en tasas de 5,7%, 8,3% y 8,2%, respectivamente.

La recuperación de 1984 fue básicamente sustentada por el excepcional desempeño de la exportaciones; crecimiento de cerca de 25%, relativamente al ejercicio anterior. Aun, en 1985-86, la expansión del nivel de la actividad económica se debió sobre todo al incremento del mercado interno, tipo de actividad que de un modo general, trae más beneficios a las empresas de pequeño porte.

Dentro de esas condiciones extremadamente favorables, el segmento de la micro, pequeñas y medianas empresas, se expandió en forma notable, especialmente después del choque heterodoxo del 28-02-86, conocido como el "plan cruzado".

En efecto, en 1986, fueron constituidos 517 mil establecimientos, lo que representó un incremento aproximado de 20% con relación a los 250000 establecimientos existentes al final del año 1985. Con eso, se estima que fueron creados 2 millones de empleos e invertidos cerca de 5 mil millones de dólares. Por consiguiente, la facturación media nominal de todo el sector industrial creció 130% en ese año.

Estos datos dan evidencia de la gran importancia que las pequeñas y medianas empresas representan en el contexto de la economía brasileña. Ellas representan, actualmente, 99,8% del número de establecimientos, emplean 83,8% de la fuerza de trabajo ocupada, responden por 71% de la masa de salario-pagos y producen 73% del valor de la producción industrial, 88% del sector del comercio y 71% del sector de servicios.

Como la industria y el sector de servicios participan aproximadamente con 85% de la renta interna del país, estos datos muestran que la estabilidad de la economía brasileña, depende fundamentalmente del comportamiento de las micro, pequeñas y medianas empresas.

En razón a la importancia, el gobierno inició programas de apoyo, creando el Centro Brasileño de Apoyo a la pequeña y mediana Empresa (CEBRAE), vinculado al ministerio de industria y comercio, y actuando en forma descentralizada, en articulación con los demás organismos del gobierno y entidades empresariales,-

lo que ofrece una gran flexibilidad de ajuste a las peculiaridades locales.

De modo general, la actuación del sistema CEBRAE puede clasificarse en los siguientes grupos :

A) Acciones que tiendan al entendimiento general y amplio con impacto sobre todo en la micro, pequeña y mediana empresa.

B) Acciones que tiendan a la atención sectorial, microregional y a la creación de empleos y renta.

C) Acciones que tiendan a la atención directa y específica, de pequeñas empresas, valiéndose de instrumentos de capacitación gerencial, mercado, crédito, tecnología e información.

D) Acciones de soporte, tales como estudios e investigaciones, desarrollo de recursos humanos, sistemas de información y cooperación técnica.

Ampliando los dos primeros grupos, tenemos:

A) Se trata de medidas de alcance global, generalmente en forma de propuesta de ley o de nuevas políticas, instrumentos y metodologías que tiendan a perfeccionar la acción del gobierno en el área, por ejemplo, la reducción burocrática administrativa y fiscal a que están sujetos los emprendedores de pequeño porte, los reglamentos del mercado gubernamental en su favor y el establecer normas legales institucionales que se adecuen a la creación de asociaciones de interés económico : consorcios, centrales de servicios, etc. Fue gracias a este tipo de trabajo que se convirtió en realidad la creación del estatuto de la microempresa, diploma legal que concede incentivos fiscales a las empresas cuyo facturación anual no sobrepase de 75000 dólares.

Dentro de ese programa, forma parte de una preocupación constante del sistema CEBRAE, acompañar a través de índices de conjunto, el desempeño económico de los negocios de menor porte, evaluando la causas responsables por la creación/muerte o crecimiento/reducción de sus actividades, así como del impacto en la vida de esas empresas, de los diferentes instrumentos de política económica.

B) Sectorial : La naturaleza de la intervención sectorial impone la necesidad de que se tenga un conocimiento previo del sector que va a ser abordado en sus aspectos económicos, financieros, tecnológicos, administrativos, fiscales y sociales. Esto permite, en consecuencia, el desarrollo de acciones planeadas a partir de las necesidades prioritarias identificadas, por medio de la actuación conjunta del sistema CEBRAE y de otros organismos de desarrollo y entidades empresariales.

Microrregional : La intervención microrregional se caracteriza por la actuación concentrada en microrregiones prioritarias, identificadas anteriormente con los problemas más urgentes de las empresas que actúan en estas áreas. Para eso, el sistema CEBRAE, actúa en una estrecha articulación con otros organismos estatales y regionales.

Creación de empleos y renta : Son acciones de apoyo a las comunidades de baja renta, por medio de una asistencia técnica y financiera a grupos de personas sin acceso a fuentes convencionales de crédito y una asistencia técnica y gerencial, que desarrollan actividades productivas permanentes en la agroindustria o en el beneficio, transformación o industrialización de productos animales y vegetales.

La acción del sistema CEBRAE, en este programa, se caracteriza por presentar estrategias eminentemente preventivas, de forma que permitan la creación de empleos, la elevación de los niveles de rentas, la creación de nuevos puestos de trabajo, la mejoría de calidad de vida y el aumento de la productividad, permitiendo de esta manera, la incorporación de las poblaciones asistidas al proceso de desarrollo económico y social.

MEXICO.

En el caso de México, las políticas industrial y de comercio exterior se han orientado desde 1983, al cambio estructural mediante el establecimiento de medidas de carácter general y programas sectoriales de fomento y de racionalización industrial.

En este marco general, el fomento a la industria mediana y pequeña (IMP) tiene alta prioridad, señalada tanto en el Plan Nacional de Desarrollo como el Programa Nacional de Fomento Industrial y Comercio Exterior, en donde se subraya que las pequeñas y medianas empresas son pieza clave del proceso de reorientación de la economía nacional.

El apoyo del gobierno a la IMP se plasma en el programa de Desarrollo Integral de la Industria Mediana y Pequeña (PRODIMP), expedido en 1985, en el cual se contemplan de manera global los instrumentos para promover el desarrollo del subsector. El Programa establece, por primera vez en el país, una definición única de la IMP para efectos de la aplicación de la política de fomento, lo cual, a su vez, constituye el marco institucional y legal que permite sumar y optimizar esfuerzos, así como concertar acciones por parte de los sectores público, privado y social.

Este se ha confirmado como el camino indispensable para la implementación de la política de desarrollo para más de 100.000 establecimientos micro, pequeños y medianos que ocupan sobre el

50% del empleo industrial, y contribuyen con una parte sustancial del producto manufacturero del país.

La política integral de fomento a la IMP ha sido diseñada tomando en cuenta las necesidades y potencialidades de las empresas, así como la coyuntura que se vive actualmente. Los objetivos específicos del PRODIMP son :

A) Elevar la eficiencia de la IMP a través del uso adecuado de los factores, con base en las prioridades nacionales y mediante una mejora cualitativa de sus estructuras y sistemas operativos.

B) Contrarrestar desventajas de la IMP que le impiden obtener, en condiciones apropiadas, insumos, maquinaria, equipo, recursos financieros y otros servicios para el desarrollo de sus operaciones, así como para integrarse eficientemente al mercado interno y al de la exportación.

Para el logro de estos objetivos, el programa se vale de instrumentos y acciones de fomento, estableciendo una política que aprecia desde una perspectiva integral al desarrollo de la IMP, a la vez que toma en cuenta la situación, potencial y perspectiva de cada empresa o conjunto de empresas; así es posible distinguir los siguientes tipos de apoyos : tecnológico, asistencia técnica, desarrollo empresarial y capacitación de la mano de obra, organización interempresarial, financiamiento, estímulos fiscales, adquisiciones del sector público, subcontratación, comercialización, fomento a las exportaciones, infraestructura e instalaciones, sistemas de información.

Al analizar las cifras para el periodo 1983-86, se observa que el número de empresas micro, pequeñas y medianas creció en 10.300 unidades, y el empleo que absorben en 163.000 puestos de trabajo. Con ello, su presencia en el sector manufacturero se eleva a 87.000 empresas formales, y a 1.3 millones de personas (52% del total). En particular, vale la pena destacar el crecimiento de la microindustria, la cual, en 1986, registró un elevado dinamismo, incrementándose el número de establecimientos y el empleo en 6.3% y 5.7% respectivamente.

El impulso a la formación de organizaciones interempresariales ha permitido mejorar la capacidad de negociación de las empresas. Con este fin, se han fortalecido los mecanismos de subcontratación, de uniones de crédito, de centros de adquisición, en común, de materias primas, entre otros.

La subcontratación es una actividad tradicional en el sector industrial, la cual se realiza en forma natural entre empresas de distintas escalas de producción.

Este mecanismo constituye una opción de grandes posibilidades para mejorar el aprovechamiento de la planta industrial. Cabe destacar que en algunos países de avanzada industrialización como

Japon, Francia, Estados Unidos o España, las grandes empresas llevan a cabo procesos de subcontratación que llegan hasta 7 niveles, lo que ha contribuido a que la IMP de estos países participe activamente en la reestructuración de sus industrias. En México, este mecanismo se ha visto limitado en su operación, debido a la desarticulación que existe entre las grandes y pequeñas industrias.

En el ámbito fiscal, existen apoyos a la IMP, tales como, esquemas que facilitan y hacen más atractivo el uso de estímulos fiscales a las empresas de menor tamaño. Con el fin de estimular la inversión, los apoyos fiscales permiten compensar el pago de impuestos federales, hasta por un 52% del gasto en maquinaria, equipo e instalaciones, en el caso de la microindustria, y hasta por un 39% en el caso de la pequeña industria. Esta última además puede obtener estímulos por los nuevos empleos que la inversión genere.

La reconversión industrial requiere avances importantes en la calificación de los recursos humanos. Es obvio que, hoy en día, el desarrollo sano de una micro, pequeña y mediana empresa, ya no depende exclusivamente de su capital o de las bondades de sus productos. Ahora, se hace indispensable también utilizar todos los medios que permitan obtener niveles superiores de productividad, ya sea para manejar una máquina, realizar labores administrativas o para tomar decisiones de dirección. En este mismo terreno, la asistencia técnica ha contribuido a mejorar el desempeño empresarial.

El desarrollo y la innovación tecnológicos son dos elementos cruciales para la reestructuración y el sano desarrollo de la industria, para ser más competitivas, para satisfacer las necesidades del mercado interno y para concurrir, en mejores condiciones, a los mercados del exterior.

La posición tecnológica de la IMP en México se puede mejorar considerablemente. La flexibilidad y potencialidad productivas de estas empresas debe ser aprovechada, utilizando instrumentos adecuados, fortaleciendo la vinculación entre las diferentes escalas productivas, y a través del uso de tecnologías apropiadas. De este modo será posible apoyar los esfuerzos que las empresas realizan para introducir nuevos productos o procesos, y para mejorar la calidad y presentación de los mismos, tanto para el mercado interno como para exportación. Todo ello contribuirá a reducir la brecha tecnológica que nos separa de los países industrializados y evitar el fracaso de muchas pequeñas empresas por su falta de conocimiento y previsión tecnológica.

La única manera de reducir la dependencia tecnológica, que conduce a otros tipos de dependencia, es desarrollando equipos, técnicas y métodos de trabajo que sienten bases de nuestro progreso técnico. Así mismo, es indispensable contar con una

política tecnológica que tome en cuenta las necesidades y capacidades del aparato productivo y de la población del país, a la vez que aproveche selectiva y estratégicamente el avance tecnológico experimentado a nivel mundial.

La mayor y más eficaz vinculación entre el aparato productivo y las instituciones de investigación y desarrollo tecnológico es fundamental para optimizar el uso de los recursos, para diversificar y flexibilizar los patrones de producción y para contribuir al desarrollo y adaptación de nuevas tecnologías.

DEFINICION.

En el mes de Enero de 1988, se publicó en el diario oficial el acuerdo por el cual se definen los estratos de la pequeña y mediana industria, clasificación que toma en cuenta diferentes factores como son los índices de precios al productor y consumidor, las variaciones en la producción industrial y los cambios en la estructura productiva de la industria de la transformación, entre otros.

la clasificación es la siguiente:

VARIABLES	EMPLEO	VENTAS NETAS ANUALES
INDUSTRIA	(Personas Ocupadas)	(\$millones) hasta:
MICRO	1 - 15	200
PEQUEÑA	16 - 200	2300
MEDIANA	101 - 250	4500

En el mes de Agosto de 1987 el número de microindustrias consideradas formales fue de 70.368, formando el 77% de las unidades fabriles, 300.000 trabajadores que forman el 11% de la mano de obra manufacturera del país; respecto a junio del mismo año tiene un crecimiento de 0.3 % en fabricas y de 0.6 % en personal ocupado.

La estructura por rango de empleo microindustrial, se caracteriza por la mayor participación de las factorías que ocupan de 1 a 3 personas, (esta subdivisión es considerada en virtud de la semejanza que tiene con las empresas denominadas subterráneas), si se adiciona el substrato de 4 a 5 trabajadores, obtendremos un subconjunto importante de esta escala, de 40.6%, industrias que fácilmente absorben mano de obra con relativa poca inversión.

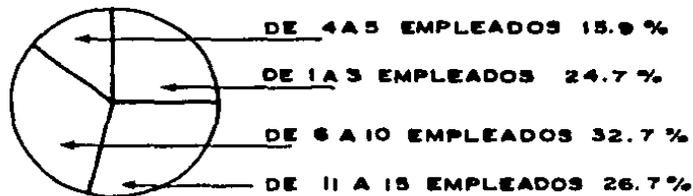


FIG. 4.1 ESTRUCTURA MICROINDUSTRIAL POR RANGO DE EMPLEO

Para nuestro propósito, podemos entender que en la mayoría de los casos, la micro y pequeña industria, son aquellas en la que el dueño o principal accionista, las administra y cuenta solo con los empleados mínimos necesarios para atender los trabajos administrativos, de compras y ventas, además del personal de producción y obreros que operan el equipo.

Este tipo de industria tiene gran importancia social, porque ofrece oportunidades de:

- a) Descentralizar y diversificar las fuentes de trabajo.
- b) Establecer relaciones humanas más estrechas y personalizadas.
- c) Adaptarse y ajustarse a los cambios con mayor rapidez y facilidad.
- d) Mantener una comunicación más fluida y eficaz, menos rígida y estereotipada.
- e) Ejercer la creatividad y la iniciativa individuales.
- f) Facilitar el equilibrio entre la libertad y el orden.
- g) Distribuir más equitativamente la riqueza y la justicia.

IMPORTANCIA DE LA MICRO Y PEQUEÑA INDUSTRIA.

Actualmente ha surgido el interés de los países Latinoamericanos por promover la micro y pequeña industria, destacando entre otras por las siguientes razones:

1.) Podría decirse que es la básica, es la búsqueda de soluciones a los problemas sociales que afectan a las mayorías de las pobla-

ciones (Latinoamericanas y del Caribe) como son la persistente pobreza, el desempleo, la desnutrición y en general el deterioro de la calidad de vida.

La situación de pobreza se evidencia por la carencia de oportunidades de empleo y de condiciones aceptables de vida en que se encuentra un gran sector de la población, el cual, si bien en los últimos 25 años, experimentó alguna mejoría en salud y educación, aun sigue manteniéndose a un nivel social preocupante, por ejemplo, al inicio de la década del 70, cuando los índices de crecimiento económico de los países en conjunto llegaron a los niveles más altos, cuando el producto bruto nacional crecía a un promedio anual acumulativo del 5.6%, el 40% de las familias de la región, (A. Latina y el Caribe) se encontraron por debajo de la línea de pobreza.

Según el informe de Progreso Económico y Social del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el estancamiento económico que viene experimentándose desde el inicio de la presente década, está contribuyendo a empeorar la situación. Teniendo en cuenta que la pobreza está vinculada a la ausencia de trabajo, otro punto de vista para enfocar el problema, es señalar que en la región, alrededor del 30% de la fuerza laboral se encuentra desempleada o subempleada, se estima que para reducir esa cifra a un 8% (aceptable en un proceso de desarrollo) y absorber el resto de la fuerza de trabajo, cuyo crecimiento sostenido es de aproximadamente un 3% anual, la región en su conjunto requeriría de un crecimiento económico sostenido a una tasa promedio del 8.3% anual durante los próximos 20 años. En términos absolutos, ello significa la necesidad de crear hacia el año 2000, alrededor de 80 millones de nuevos empleos. Este es un hecho real, la población de la región que constituirá la fuerza laboral en esa época ya nació.

II.) Se ha puesto en evidencia que los modelos tradicionales de las economías no han demostrado tener capacidad necesaria para abarcar la fuerza de trabajo cuyo crecimiento supera la tasa actual de generación de nuevos empleos, principalmente si se continúan utilizando los actuales patrones tecnológicos que tienden en forma creciente a ser de alta densidad de capital y poco intensivos en la utilización de mano de obra, el recurso de mayor abundancia en la Región.

III.) La deuda externa está obligando a la mayoría de los países a llevar a cabo ajustes económicos internos que repercuten principalmente en una drástica reducción del gasto público, afectando negativamente la infraestructura social, si a ello se agregan otros factores igualmente negativos, como la limitada capacidad de los países deudores para incurrir en mayores compromisos financieros, con la correspondiente reducción del flujo del capital externo, aunado al proceso de inflación que incide directamente en la capacidad de ahorro interno, la

perspectiva de resolver los problemas sociales en el futuro inmediato se presenta con un alto grado de incertidumbre.

APROVECHAMIENTO DE LA PEQUEÑA INDUSTRIA COMO INSTRUMENTO POLITICO DE DESARROLLO.

La crisis económica y social ha acentuado la necesidad de insistir en la ejecución de estrategias de desarrollo dando prioridad al uso de programas que permitan acelerar la generación de nuevas oportunidades de empleo, incrementar los ingresos familiares, aumentar las divisas, utilizar al máximo la capacidad instalada nacional y aprovechar eficientemente los recursos internos a fin de minimizar los gastos externos. Todo esto debe ser acompañado con otro elemento indispensable de las estrategias: la adopción de "estilos de desarrollo" dentro de los cuales el consumo de bienes y servicios nacionales sea preferencial.

La pequeña industria ostenta características, que operando en el marco empresarial del sector privado, tiene la capacidad de contribuir significativamente al desarrollo, generando ocupaciones productivas y de servicios en los estratos de la población donde es más urgente. Este sector de la producción, ofrece también oportunidades de empleo femenino y para la juventud; esta en condiciones de producir parte importante de la alimentación básica y de desarrollarse en áreas rurales y en pequeños centros urbanos, sirviendo como mecanismo para atenuar los procesos de concentración poblacional de las grandes ciudades.

De las experiencias existentes en la Región, (Latinoamérica y el Caribe), podría resumirse tres tendencias en la formulación y aplicación de políticas y programas orientados a la promoción de la pequeña industria como uno de los instrumentos de desarrollo.

I.) Una posición adopta el concepto de la pequeña industria como mecanismo para buscar el bienestar social a corto plazo, (sobre todo en crisis económicas), por su capacidad comprobada de generar autoempleo y a veces ocupaciones a los miembros de la familia a un bajo costo. Esa política asume una función asistencial temporal del Estado, facilitándole créditos y subsidios dentro de programas específicos, (actualmente en México), bajo el supuesto de que en el mediano plazo, la economía volverá a cobrar dinámica y capacidad para absorber la mano de obra desocupada.

II.) En el otro extremo, existe la posición de que la pequeña industria solamente debería subsistir, si como unidad económica, tiene la productividad adecuada y capacidad competitiva en el mercado, por lo tanto, sujeta al uso de mecanismos financieros tradicionales, a los cuales, es extensamente comprobado, tiene escaso acceso. En ese sentido la pequeña industria, aunque exista

especificidad sobre su papel en el desarrollo, debe competir en el uso de mecanismos de las políticas sectoriales específicas, donde ella se ubica. (agricultura, pesca, minería etc.).

III.) Una posición intermedia considera que la combinación adecuada de grandes, medianas y pequeñas industrias, funcionando integradamente, (caso del Japon), es la estructura económica más beneficiosa para un país. Reconoce de la Pequeña industria atributos que pueden ser explotados eficientemente para lograr un sistema económico balanceado en el uso de los recursos naturales, humanos, tecnológicos, financieros e institucionales. Entre otros pueden citarse los siguientes :

- a) Posee una mayor capacidad relativa para generar empleos por unidad de inversión.
- b) Fortalece el sector privado promoviendo capacidades empresariales y de gestión productiva.
- c) Forma y capacita en servicio a jóvenes, hombres y mujeres que se incorporan a la fuerza de trabajo, a través del aprendizaje en planta. (aprendices).
- d) Produce parte importante de la alimentación (especialmente Centro America, el Caribe y el área Andina) donde la producción de granos básicos se concentra en el pequeño miniagricultor. Así mismo, el procesamiento industrial de alimentos básicos esta en manos de los pequeños industriales.
- e) Por su flexibilidad tecnológica y adaptación a las variaciones del mercado, es fuente de insumos utilizados por la gran y mediana industria y viceversa, utiliza insumos y partes producidas por aquellas.
- f) Utiliza mayoritariamente insumos locales y tecnologías intermedias, susceptibles de ser generadas localmente contribuyendo consecuentemente al ahorro de divisas.

LA INDUSTRIA MEXICANA DE MUEBLES DE MADERA.

Los datos estadísticos que se presentarán, permiten elaborar un diagnóstico de la industria mexicana, con el fin de establecer la posición de esta industria respecto a la de los países competidores.

Las fuentes consultadas se encuentran integrando los diferentes datos, para producir un documento de estudio a nivel nacional de la industria del mueble de madera. A continuación se identifican las instituciones participantes :

INFOTEC...organismo dedicado a la consultoría tecnológica y de negocios, institución donde se pueden consultar los datos registrados.

IPAC...(International Planning & Analysis Center.)bufete especializado en comercio internacional.

JAAKKO POYRY OY...Consultores especialistas en la madera.Helsinki,Finlandia.

FIRA...(Furniture Industry Research Association),comparación de costos a nivel internacional.Gran Bretaña.

LACITEMA...(Laboratorios de Ciencia y Tecnología de la Madera, Jalapa, Veracruz),situación de la madera en Mexico.

QNUDI...(Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial).Diagnostico.

CANACINTRA...(Camara Nacional de la Industria de Transformación). Diagnostico.

CONIMAC...(Confederación Nacional de la Industria Mueblera).Diagnóstico.

La industria mueblera es pequeña en comparación con otras industrias del país : su aportación al Producto Interno Bruto (PIB), del sector manufacturero fué del 1,6% en 1986, lo que equivale al 0,4% del PIB total.

En el periodo 1970-1986, la economía nacional creció a una tasa promedio anual del 4,3%; en éste mismo periodo, la industria manufacturera mostró un mayor dinamismo que el PIB nacional, creciendo al 4,6%. Dentro de éste marco de referencia puede considerarse el ritmo de crecimiento de la industria de la madera y sus productos: 3,12%; dentro de éste se encuentra la fabricación de productos de madera, en donde están incluidos los muebles, con un crecimiento del 3,24%. Fuente: INFOTEC 1987.

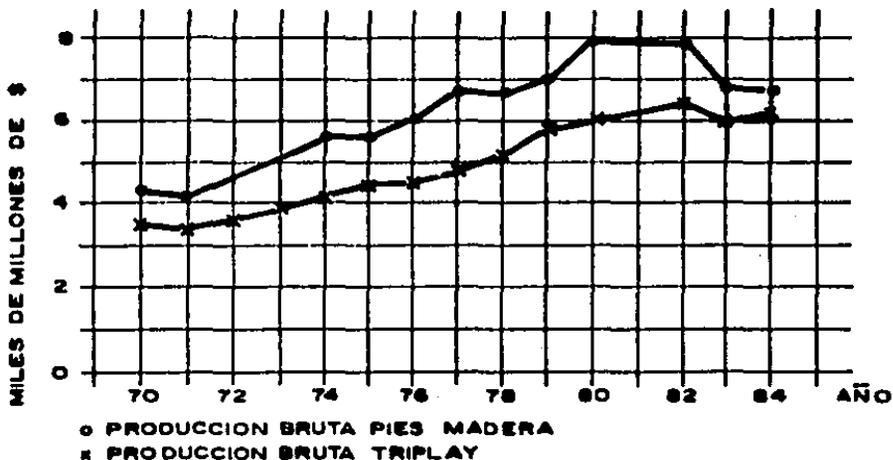
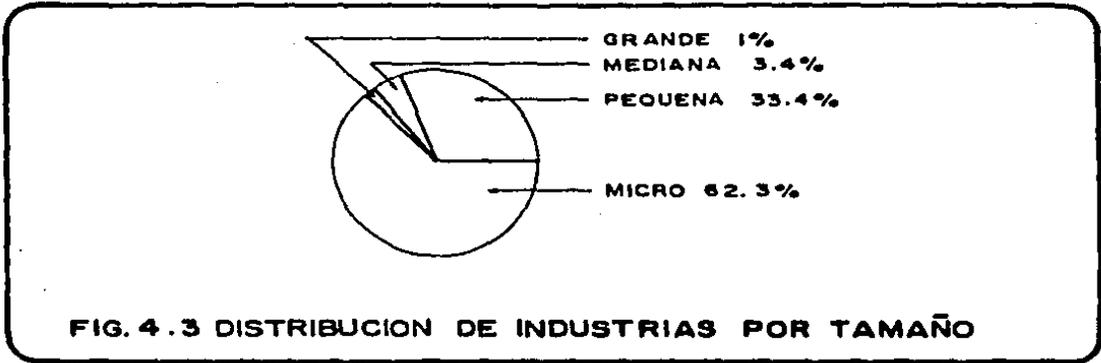


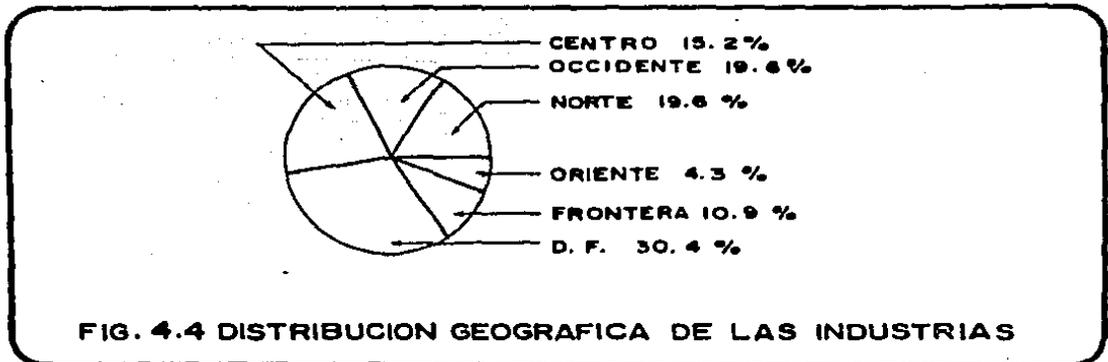
FIG. 4.2 INDICADORES ECONOMICOS. INDUSTRIA DE LA MADERA

Este es una industria muy fragmentada; se estima que existen en el país aproximadamente 1450 fabricantes de muebles de madera (excluyendo a pequeñas carpinterías y talleres reparadores, cuyo trabajo principal no es la fabricación).

Predominan las empresas catalogadas como micro y pequeñas industrias; entre ambas abarcan el 95% del total. Las industrias consideradas como grandes representan únicamente el 1% del total.

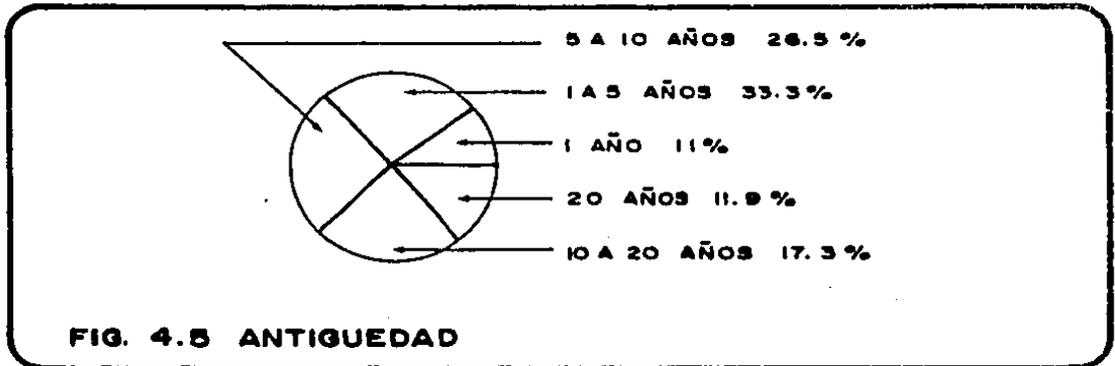


Geograficamente en Mexico, la industria está muy dispersa, comprende la mayor parte del territorio, aún cuando la mayor concentración se encuentra en el Distrito Federal y en la zona Metropolitana, aproximadamente con el 40% del número total de establecimientos, seguido por el occidente y el norte del país, en orden de importancia.

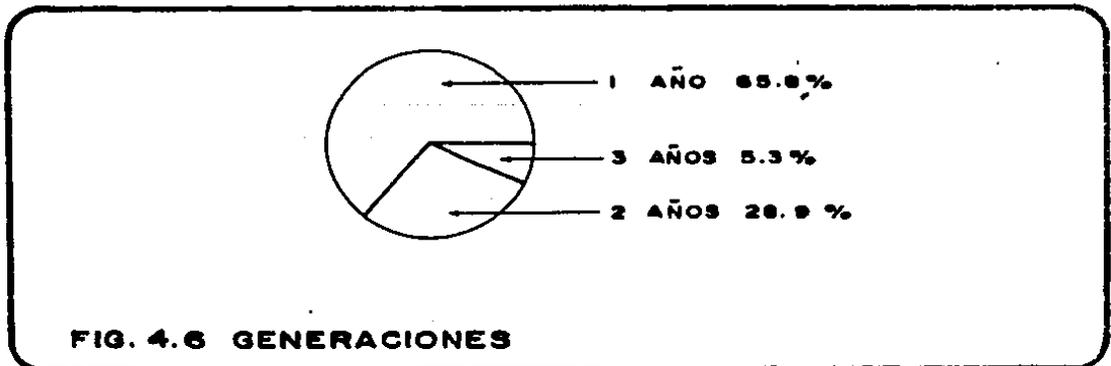


La localización de las industrias es más cercana a los centros de consumo que a los centros de producción maderera.

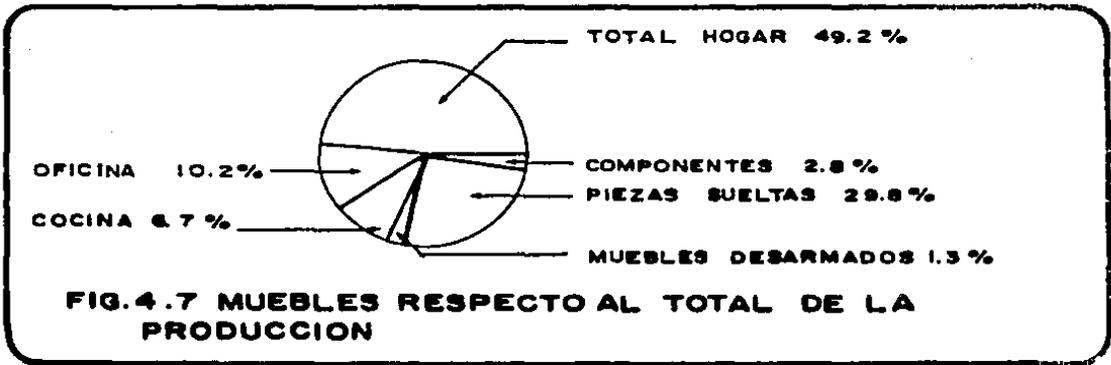
Se trata de una industria relativamente joven, el 45% de las empresas existen desde hace menos de 5 años y solamente el 12% tiene más de 20 años.



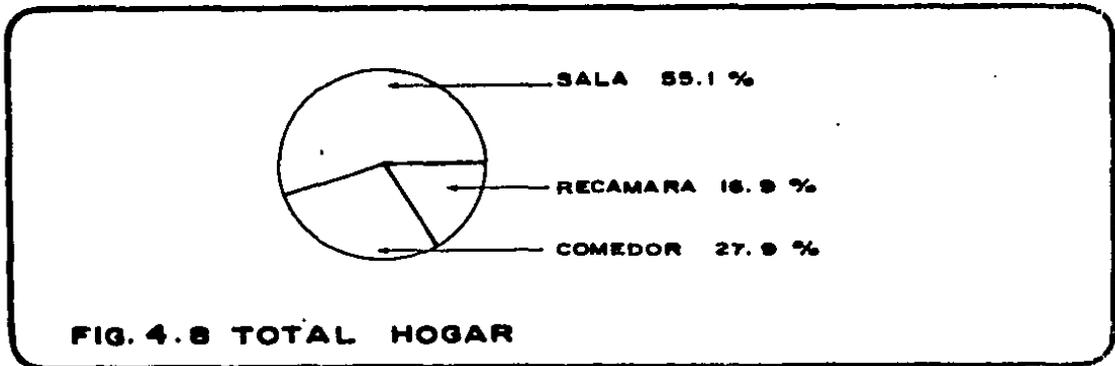
La tradición mueblera en el país es, por consecuencia, escasa: el 64% de las industrias corresponde a empresarios de primera generación y solamente el 5% proviene de una tercera generación.



El 50% de las empresas esta dedicada a la fabricacion de productos catalogados como muebles para el hogar: si se considera que la mayoría de las piezas sueltas como, libreros, comodas sillas, etc., se destinan principalmente al hogar, se puede establecer el que aproximadamente el 75% de la produccion se enfoca al hogar.



En los productos considerados para el hogar, existe una subdivisión determinada por el uso: 55% para salas, 27.9% para comedores y el resto para recamaras.



El promedio de trabajadores por tipo de empresa es directamente proporcional con el tamaño de esta; las pequeñas emplean cinco veces mas personal que las microempresas; las medianas 3.7 veces mas que las pequeñas y las grandes 2.5 veces mas en relacion a las medianas.

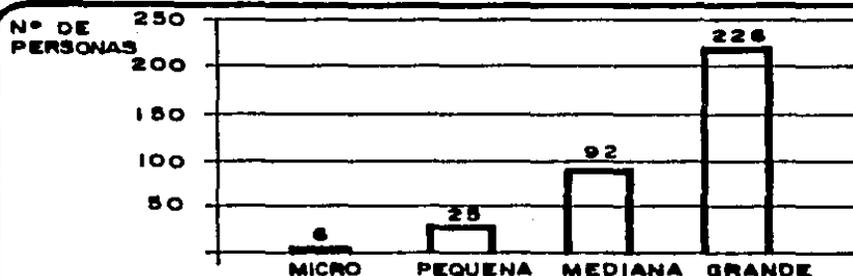


FIG. 4.9 PROMEDIO DE TRABAJADORES

Las micro y pequeña industrias representan el 95% del total en numero de establecimientos y contribuyen con el 72% del empleo del sector.

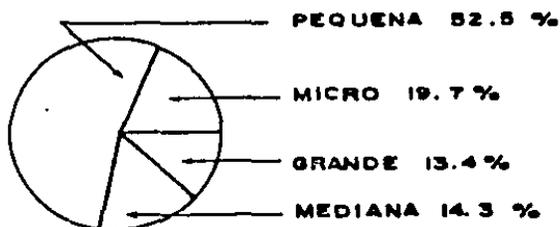
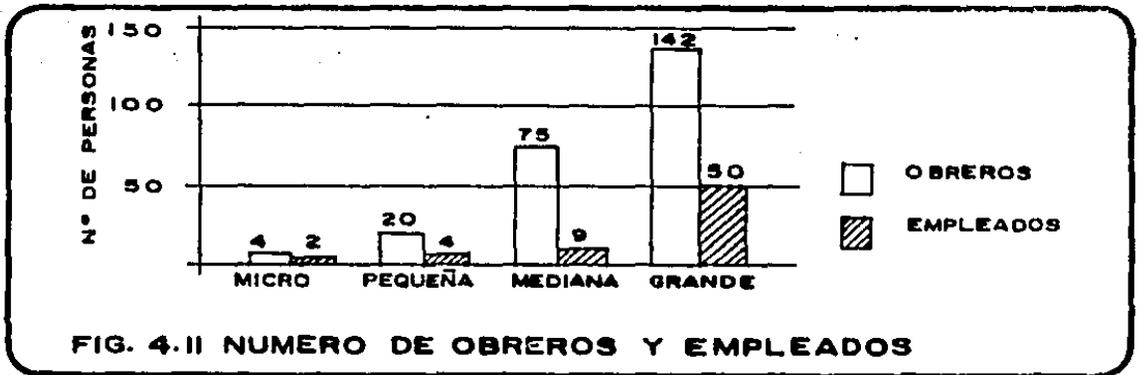
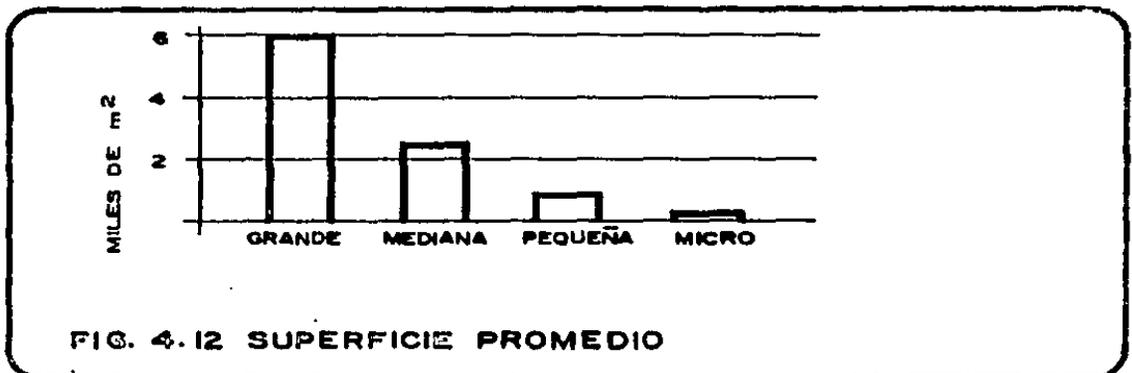


FIG. 4.10 NUMERO DE TRABAJADORES POR TIPO DE EMPRESA

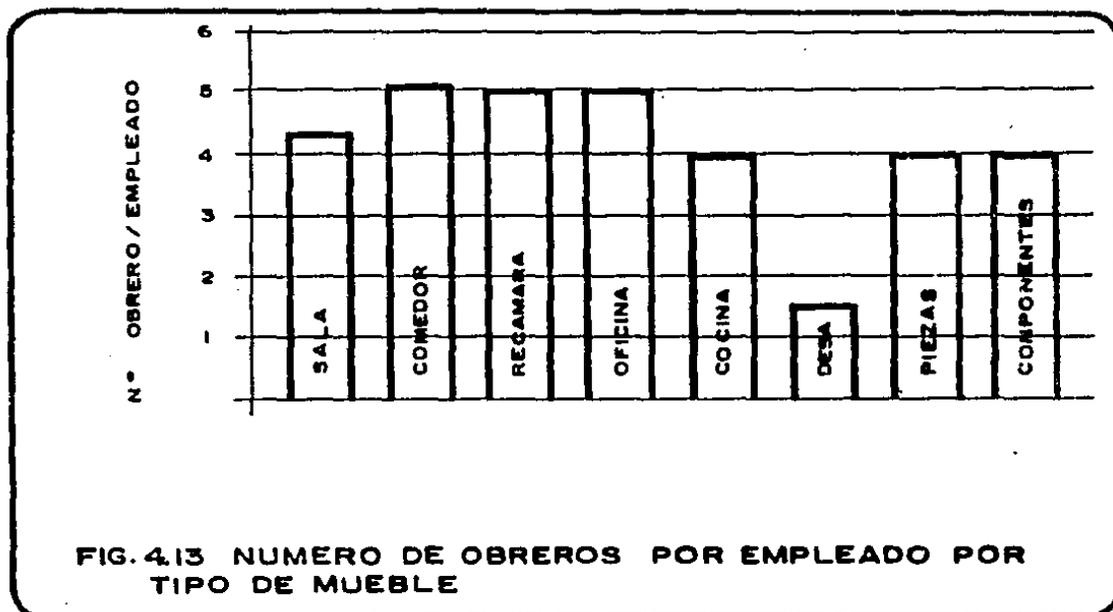
La proporción de obreros por número de empleados es mayor en las empresas pequeñas y medianas que en las grandes y en las microempresas.



La superficie dedicada a las labores productivas está directamente relacionada con el tamaño de las empresas; para las grandes el promedio por planta es de 6.000 M², para las medianas de 2.500 M² para las pequeñas de 920 M² y para las micro de 150 M².



Es importante resaltar que el sector mueblero es una industria eminentemente nacional y privada, solamente el 1% de las empresas son paraestatales y el capital extranjero está presente en el 1% de los casos.



INSUMOS.- La industria nacional, utiliza como principal material la madera de pino, los tableros de aglomerado son tambien un insumo importante, especialmente para los fabricantes de cocinas.

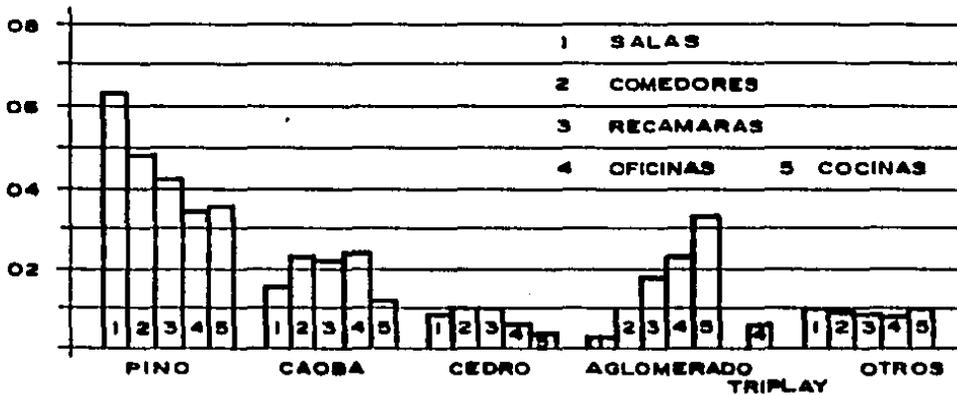


FIG. 4.14 PRINCIPAL MATERIAL POR TIPO DE PRODUCTO

Otros materiales empleados en la fabricación de muebles, considerados auxiliares o complementarios son los adhesivos, pinturas y herrajes; también dependiendo el tipo de mueble, los materiales textiles y rellenos.

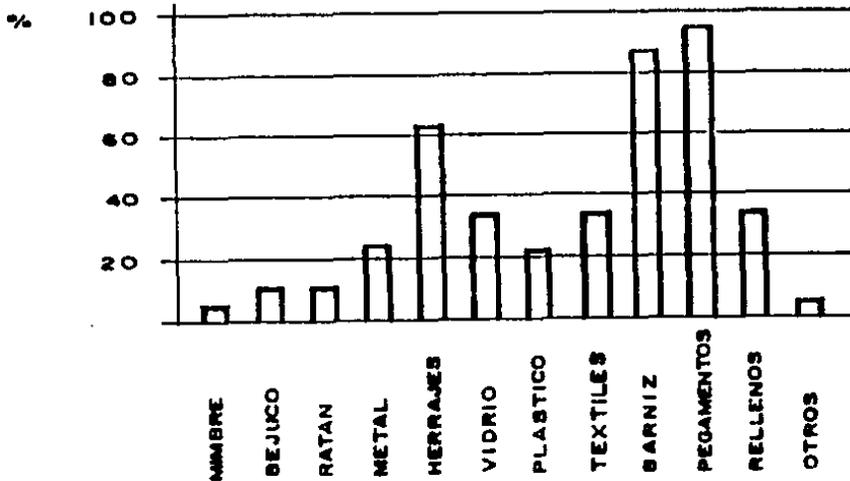
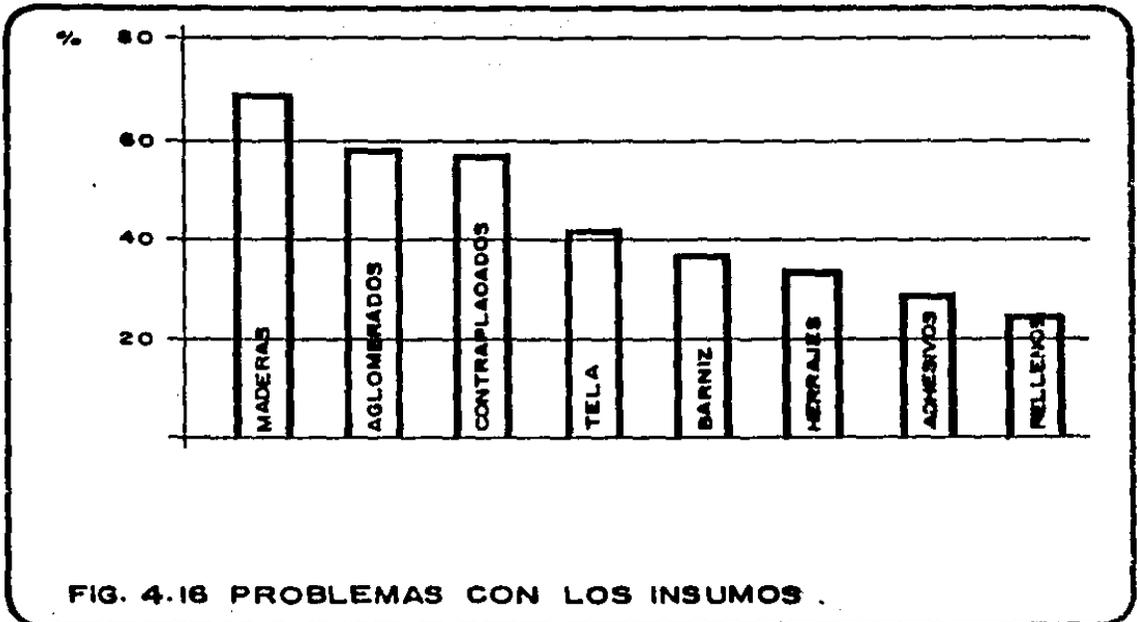


FIG. 4.15 MATERIALES AUXILIARES DE FABRICACION

La utilización de materias primas de importación es reducida, solamente el 7% de las industrias utiliza algún material importado, generalmente madera o sus derivados. La mayoría de estas se ubican en zonas fronterizas.

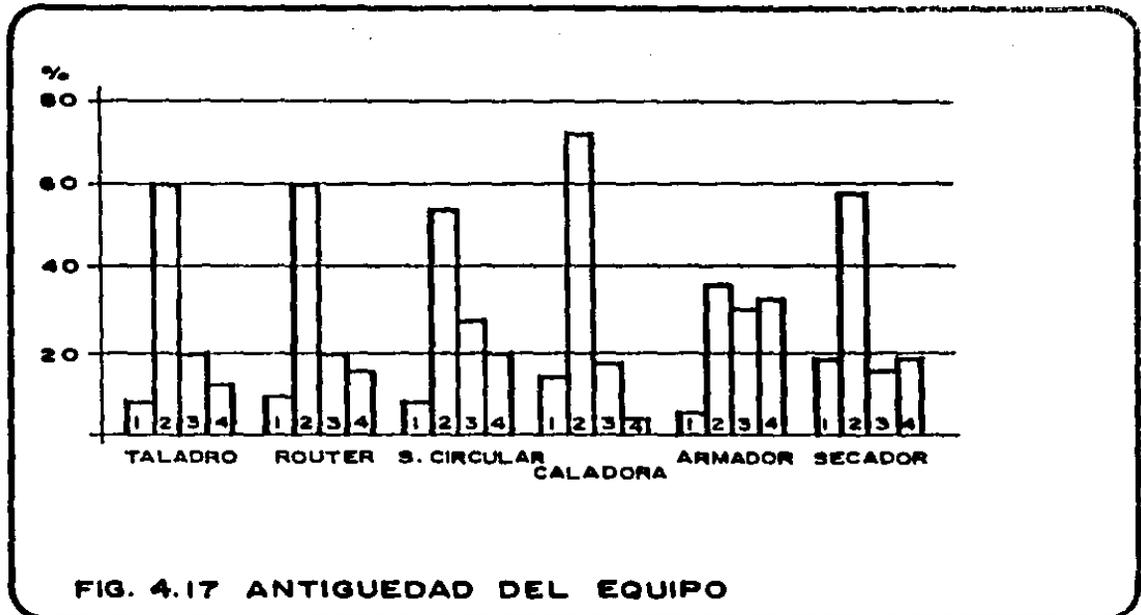
Existen problemas en el sector, los cuales se refieren a precios, disponibilidad y calidad de las materias primas. En cuanto a herrajes, los problemas son de calidad, diseño y variedad de los productos.



La mayoría de los insumos incrementaron sus precios por arriba del nivel general de inflación durante 1987, por ejemplo, la madera sólida aumentó 300% entre noviembre de 1986 y noviembre de 1987.

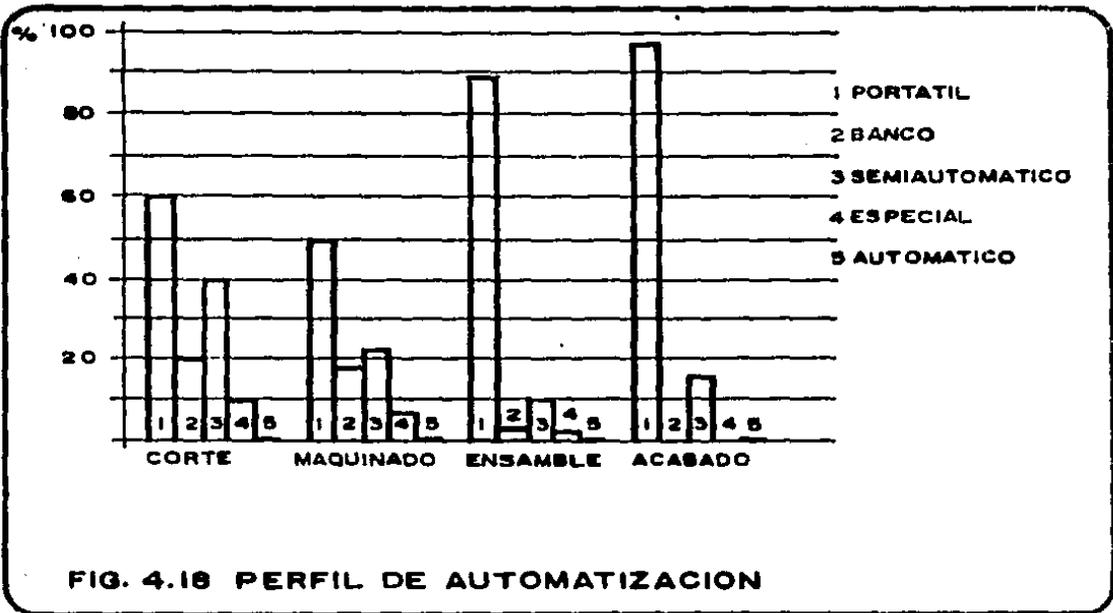
MAQUINARIA Y EQUIPO.

En terminos generales, el equipo y maquinaria del sector mueblero es relativamente nuevo, entre el 40% y el 80% tiene menos de cinco años de uso.



Sin embargo, se detectaron diferencias notables de este comportamiento en relación con la situación geográfica; el equipo más antiguo se encuentra en la frontera norte y en la zona sur-este. Las empresas fronterizas han adquirido maquinaria usada de los E.E.U.U.

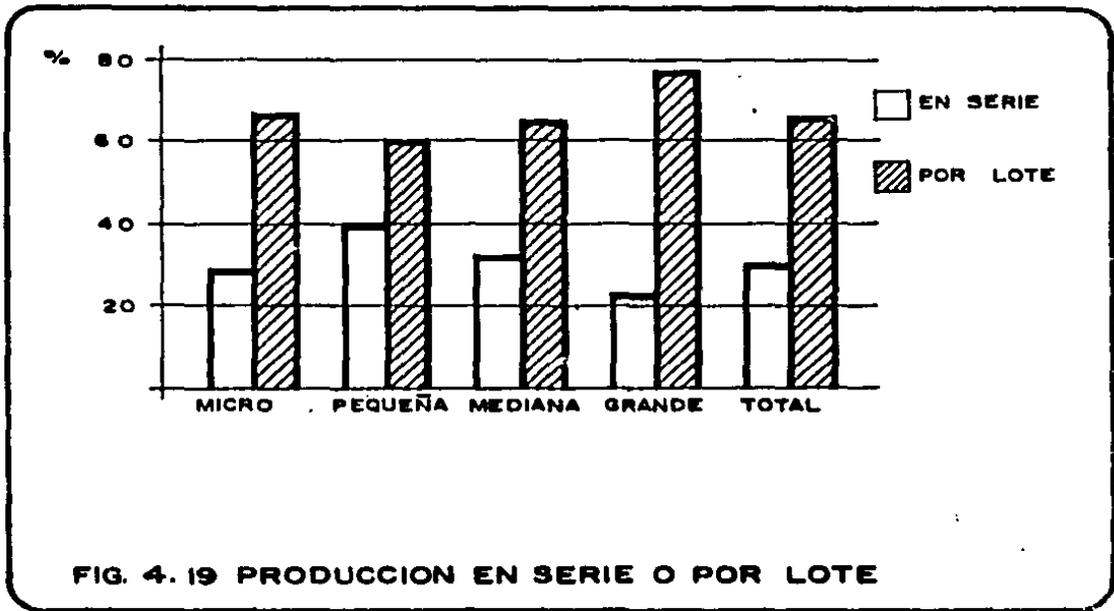
El nivel de automatización es en general reducido, las operaciones de corte y maquinado suelen estar más automatizadas que el ensamble y acabado.



Las empresas medianas y grandes se encuentran más automatizadas que las pequeñas y las micro, respecto al tipo de producto. Por otra parte, la fabricación de las salas tiende a ser más artesanal que la de oficinas y cocinas. En relación a la materia prima, en general, la existencia de hornos o cámaras de secado es bastante escasa.

FORMA DE PRODUCCION.

La producción se realiza por lotes en el 65% (promedio) de las empresas; esta situación es relativamente homogénea en los diferentes tipos de empresas.



Trabajar por inventarios es poco usual, aun en las empresas grandes; la producción bajo pedido es lo más normal para el 80% de las empresas.

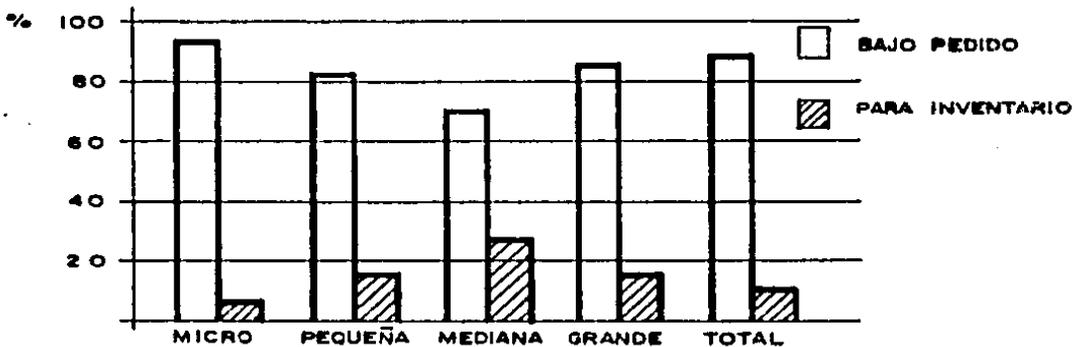


FIG. 4.20 FORMA DE TRABAJO

La integración vertical suele ser elevada, es decir, no se encuentra una especialización en cuanto operaciones de manufactura. Por lo mismo, es poco frecuente encontrar empresas que subcontraten operaciones productivas. (maquila).

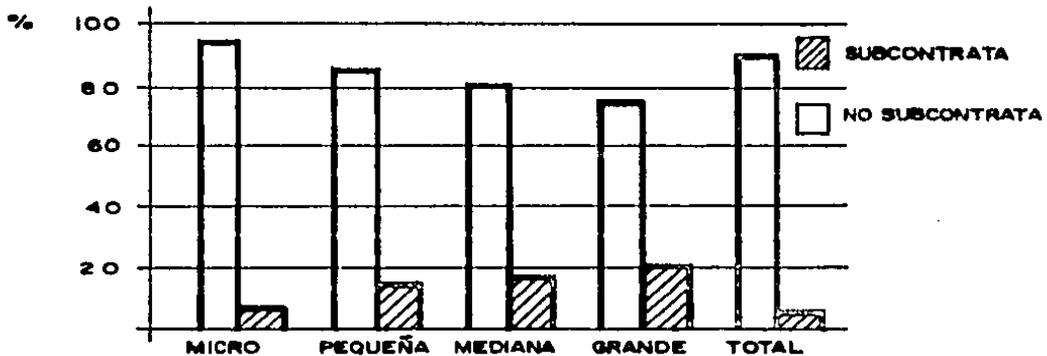


FIG. 4. 21 PRODUCCION

CONTROL DE CALIDAD.

El control de calidad tanto en materias primas como en productos en proceso y terminados es eminentemente visual y por lo tanto, verifica unicamente las apariencias como el no cumplimiento de las normas técnicas o especificaciones. Solamente un 2% de las empresas efectuan pruebas de laboratorios sobre las materias primas. Los registros estadísticos son sumamente escasos.

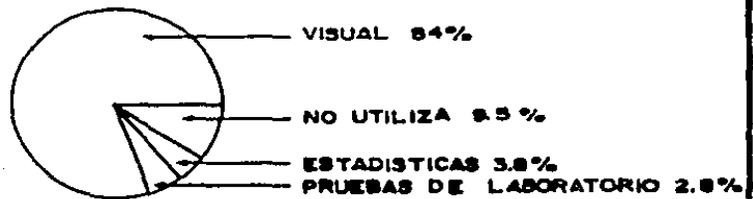


FIG. 4.22 APLICACION CONTROL DE CALIDAD. MATERIA PRIMA

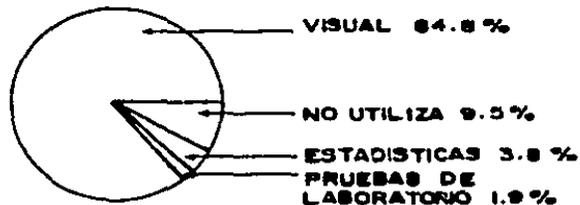


FIG. 4. 23 APLICACION CONTROL DE CALIDAD. PROCESO

Los sistemas mas completos para el control de calidad se encontraron entre los fabricantes de muebles para oficina y cocinas.

MANTENIMIENTO.

El mantenimiento que se efectúa en la mayoría de las empresas, - (69%) es del tipo correctivo, esto afecta a la larga, tanto en calidad como en cumplimiento.

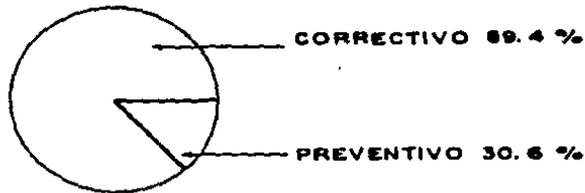


FIG. 4.24 MANTENIMIENTO

Los requerimientos de mantenimiento externo para las empresas del sector no resultan ser un problema relevante.

MANEJO DE LOS MATERIALES.

En el global de la industria predomina el transporte manual interno, (83%).

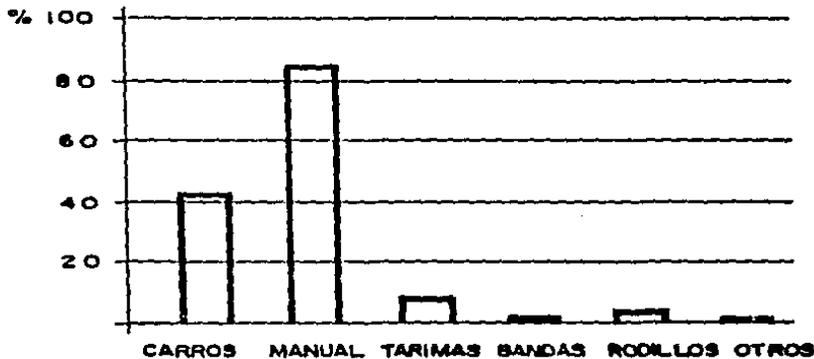


FIG. 4.25 MODO DE TRANSPORTE

Sin embargo, las empresas medianas y grandes, utilizan en cierta medida, tarimas, bandas y rodillos.

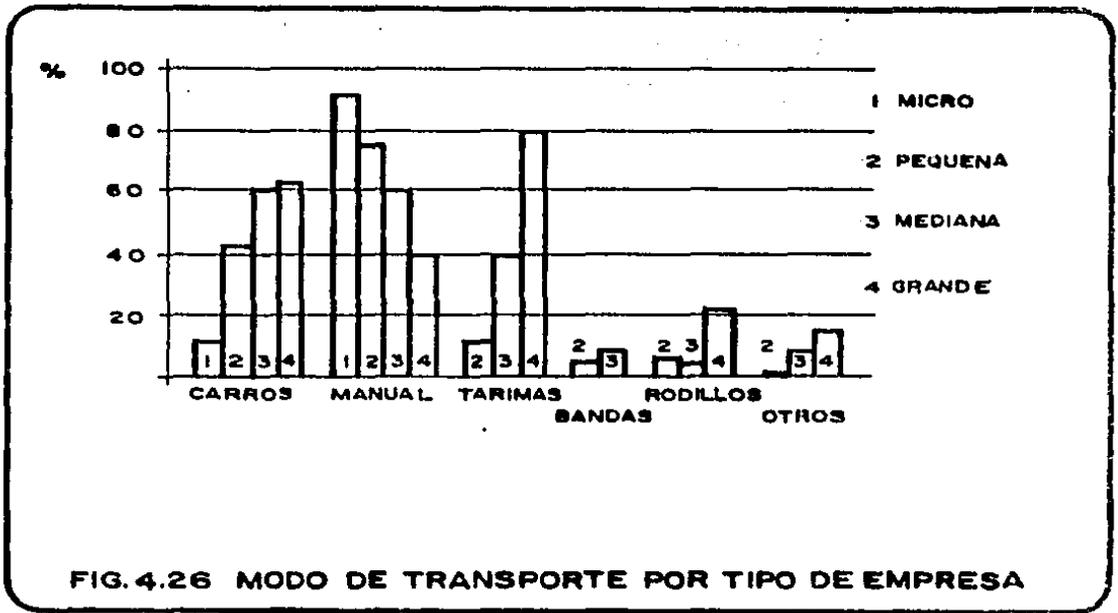


FIG. 4.26 MODO DE TRANSPORTE POR TIPO DE EMPRESA

CAPACIDAD INSTALADA.

La gran mayoría de las empresas trabaja un solo turno. (97%). Las excepciones que trabajan dos y hasta tres, suelen ser medianas o grandes.

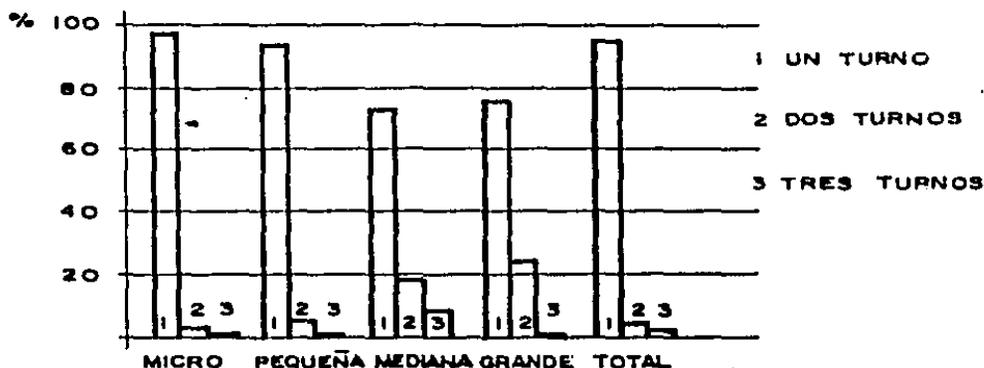


FIG. 4.27 TURNOS DE TRABAJO

En estas condiciones, la capacidad utilizada en la industria, -referida a la "capacidad máxima práctica", no teórica, se indica en la siguiente tabla. El mayor porcentaje de ocupación se ubica en aquellas empresas fabricantes de piezas sueltas, (87,1%) y de cocinas integrales, (80%).

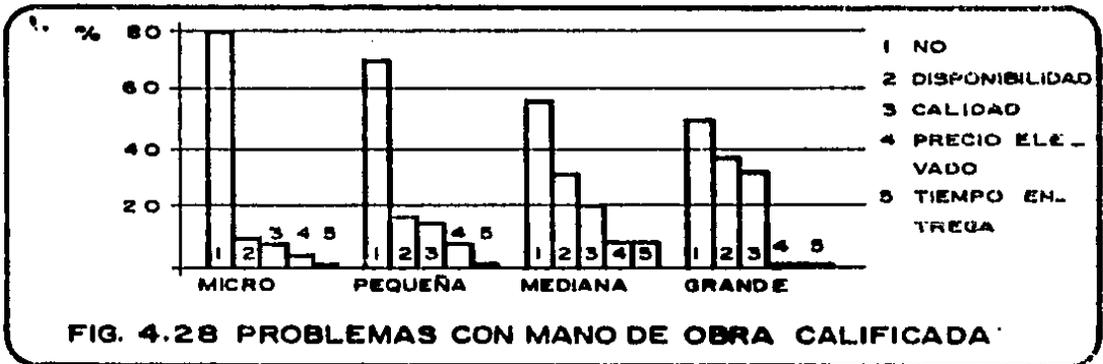
NIVEL DE OCUPACION DE LAS EMPRESAS ENCUESTADAS POR INFOTEC.

	Producción 1987 Juegos o Piezas	Capacidad máxima Práctica *	Ocupación (%)
Salas	15.641	20.670	75.7
Recamaras	8.564	15.992	53.6
Comedores	11.892	18.197	65.4
Cocinas	2.679	3.335	80.3
Componentes	31.683	72.790	43.5
Escritorios	7.322	9.565	76.5
Sillas	19.609	28.058	69.6
Libreros	9.174	16.330	56.2
Archiveros	4.409	7.756	56.8
Piezas Sueltas	414.286	475.639	87.1

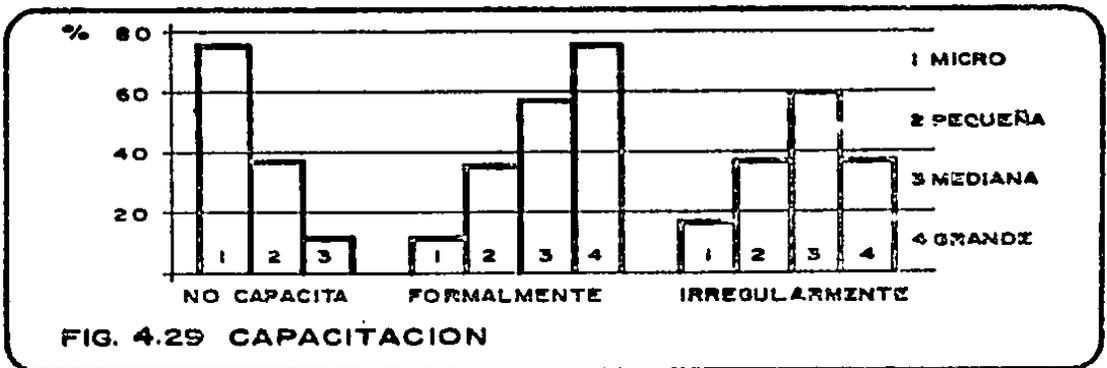
* :Suponiendo la misma mezcla de productos, es la cantidad que podría producir con la fábrica en sus condiciones actuales.

ADMINISTRACION.

RECURSOS HUMANOS.-En relacion con la mano de obra calificada, como en todo tipo de industria que requiere cumplir con el cliente, la industria del mueble de madera se enfrenta a problemas (frecuentemente en mediana y grande empresa) que se refieren a la disponibilidad y calidad de los trabajadores.



La totalidad de las empresas grandes, realizan programas de capacitacion, ya sea de manera formal o irregular, siempre tomando como base el cumplimiento de una obligacion. (retribucion)



La totalidad de las que lleva a cabo programas de capacitación, lo hace en forma interna y en algunos casos, también externamente. Las empresas muy pequeñas no efectúan capacitación en el 76% de los casos.

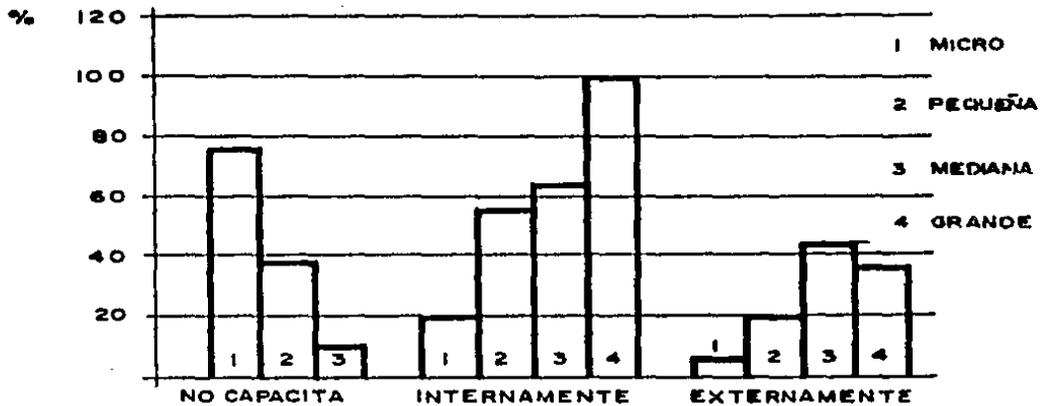
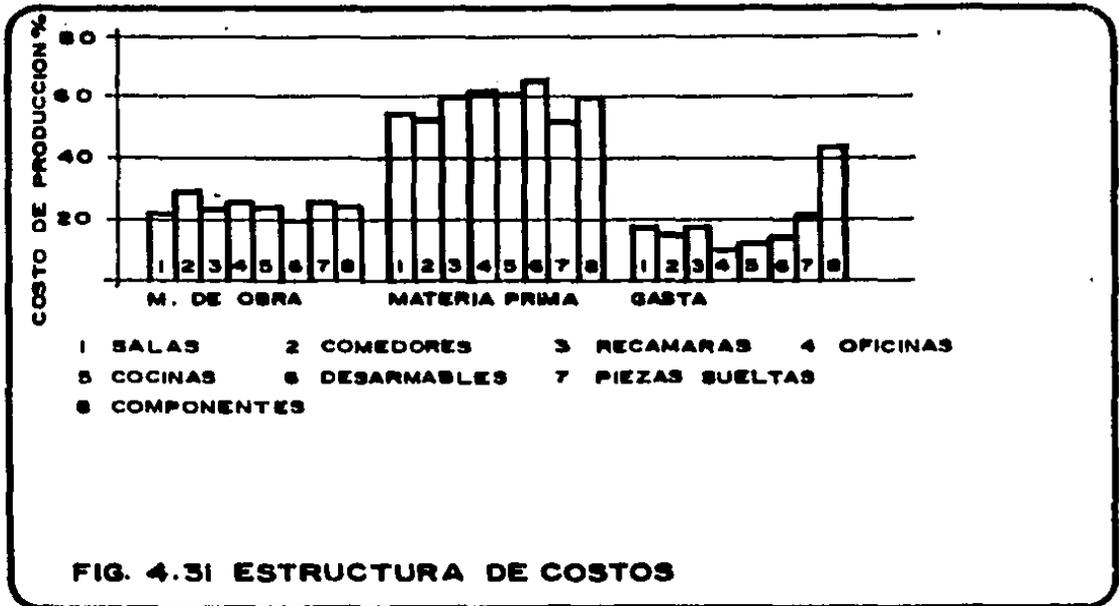


FIG. 4.30 CAPACITACION

COSTOS.

La estructura de costos varia segun el tipo de mueble y sobre todo, de acuerdo con la materia prima utilizada. (Ejemplo: utilizacion de Caoba en lugar de pino para un mismo diseño). Sin embargo, en el global de la industria, la mano de obra suele representar entre el 20% y el 30% del costo de produccion, la materia prima alrededor del 60% y los gastos indirectos de fabricacion entre el 10% y el 20%. (salvo componentes).



Por las mismas razones, el costo de producción en relación con el precio de venta es muy variable; a nivel global de la industria, representa entre el 65% y el 80% para los diferentes tipos de muebles. Los gastos de ventas generalmente se encuentran alrededor del 15% del precio de venta.

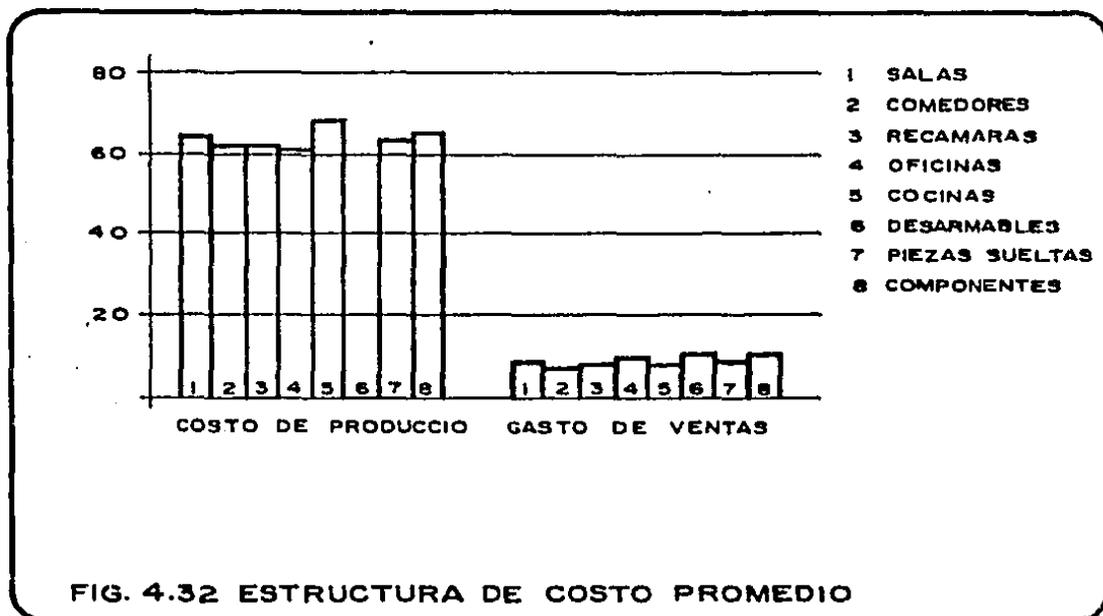


FIG. 4.32 ESTRUCTURA DE COSTO PROMEDIO

A continuación se comparan las estructuras de costo para los diferentes tipos de muebles, siempre referidos al promedio de la industria, desglosando el precio de venta en dos grandes componentes: materia prima y valor agregado. Este último se separa en: mano de obra, indirectos de fabricación, gastos de venta y gastos de administración. (financieros y utilidad).

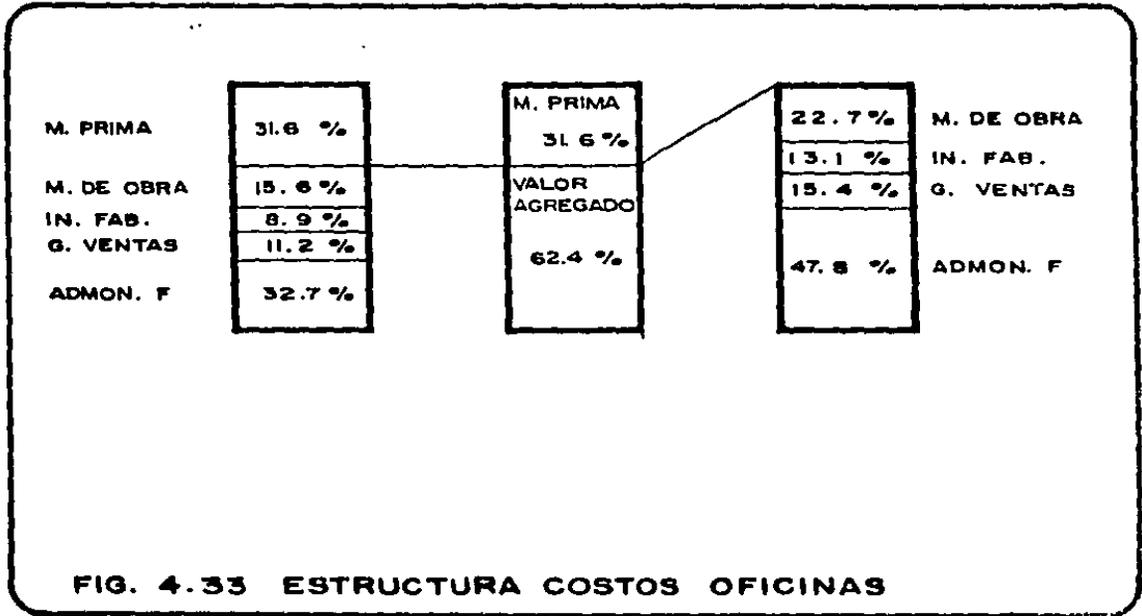


FIG. 4.33 ESTRUCTURA COSTOS OFICINAS

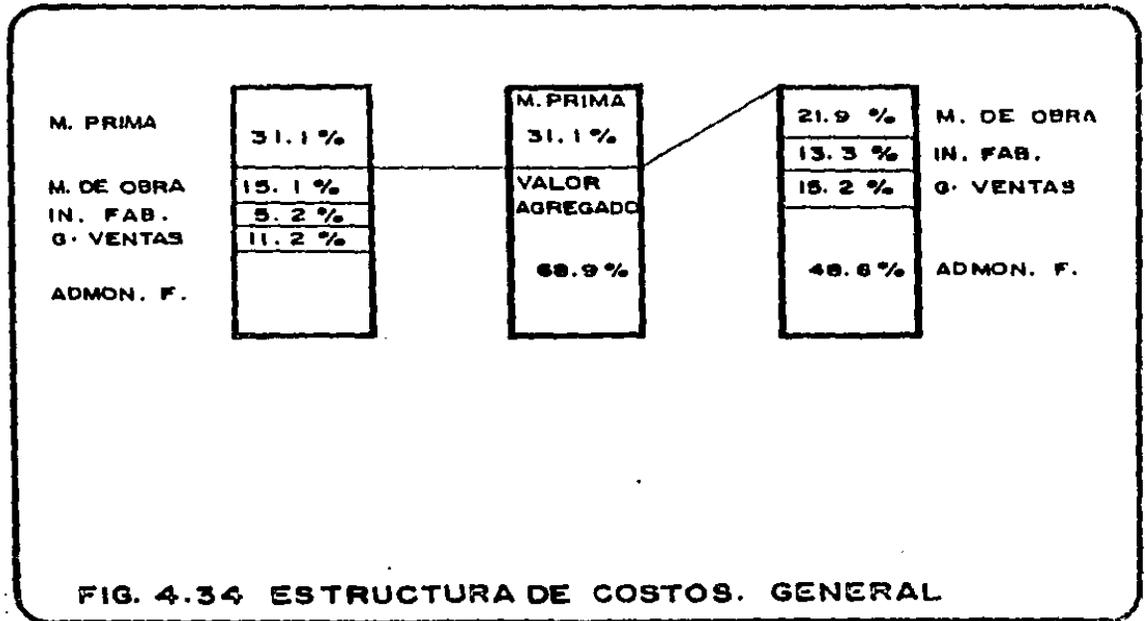
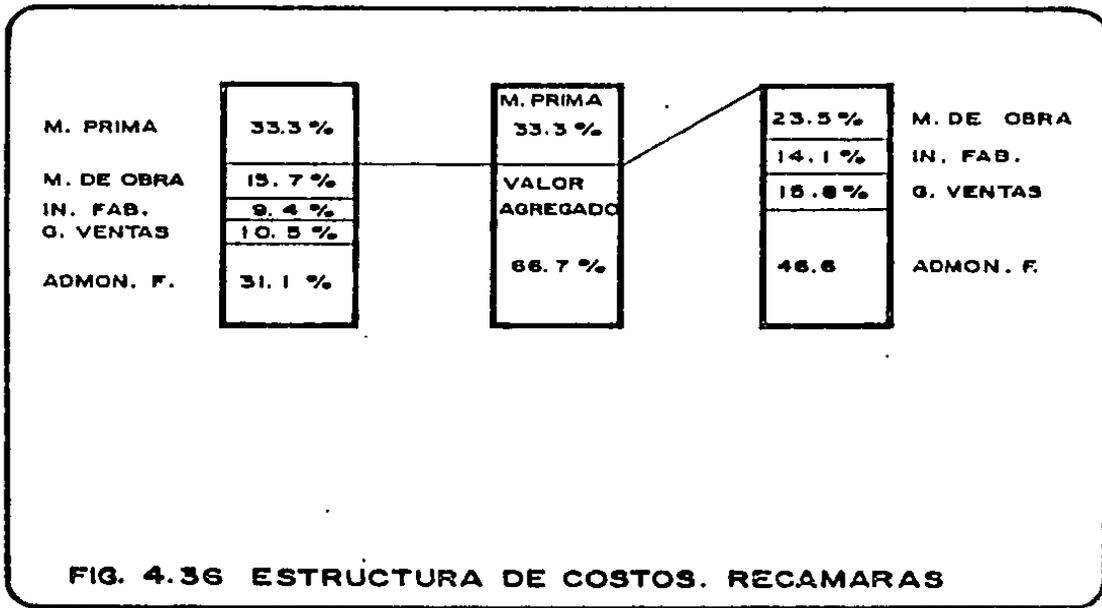
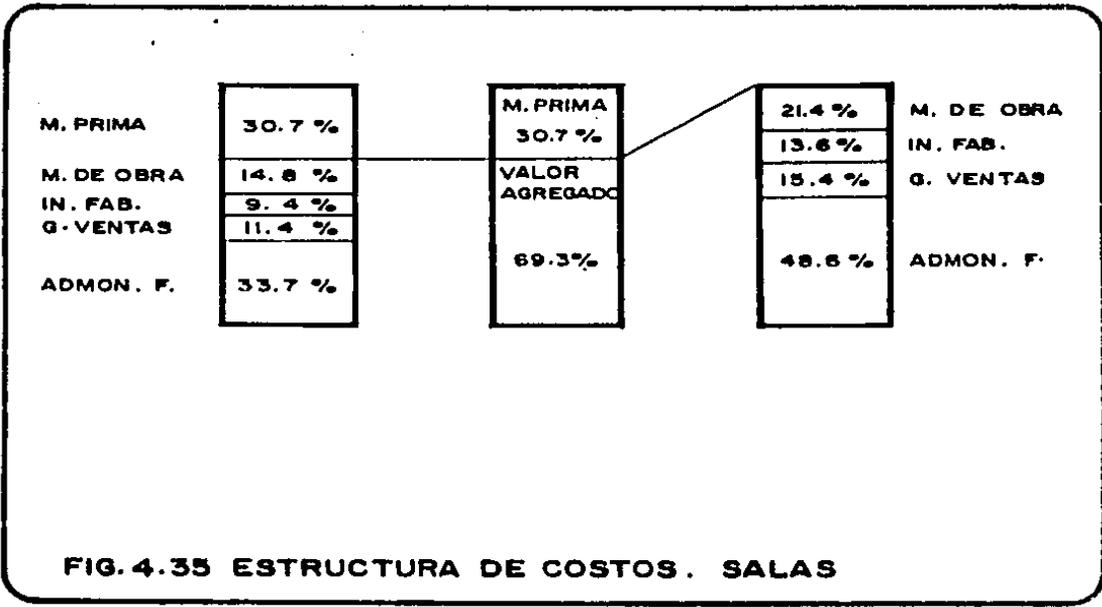
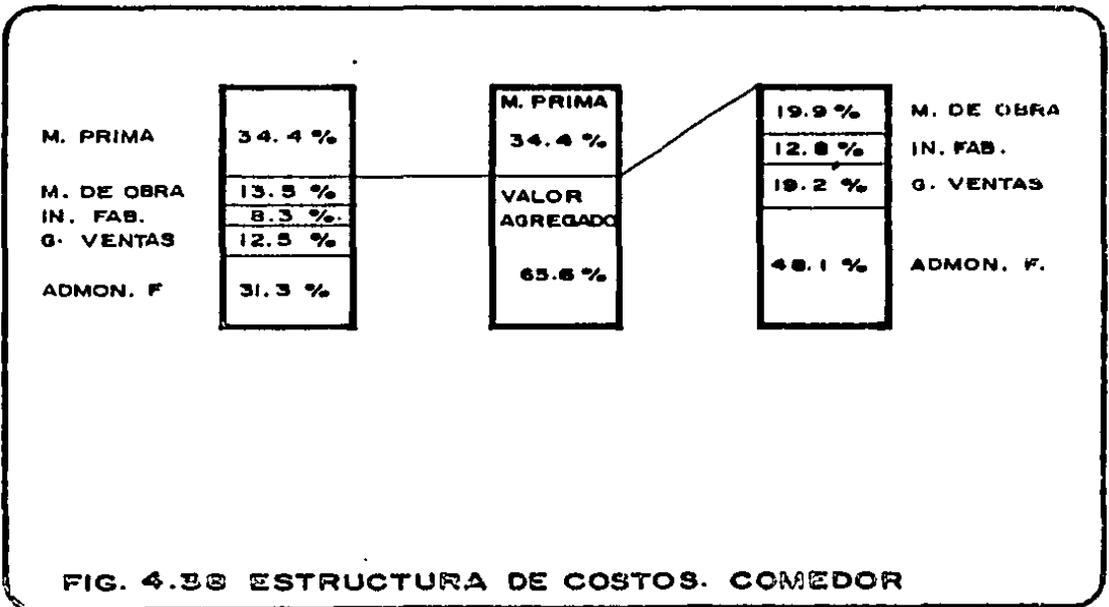
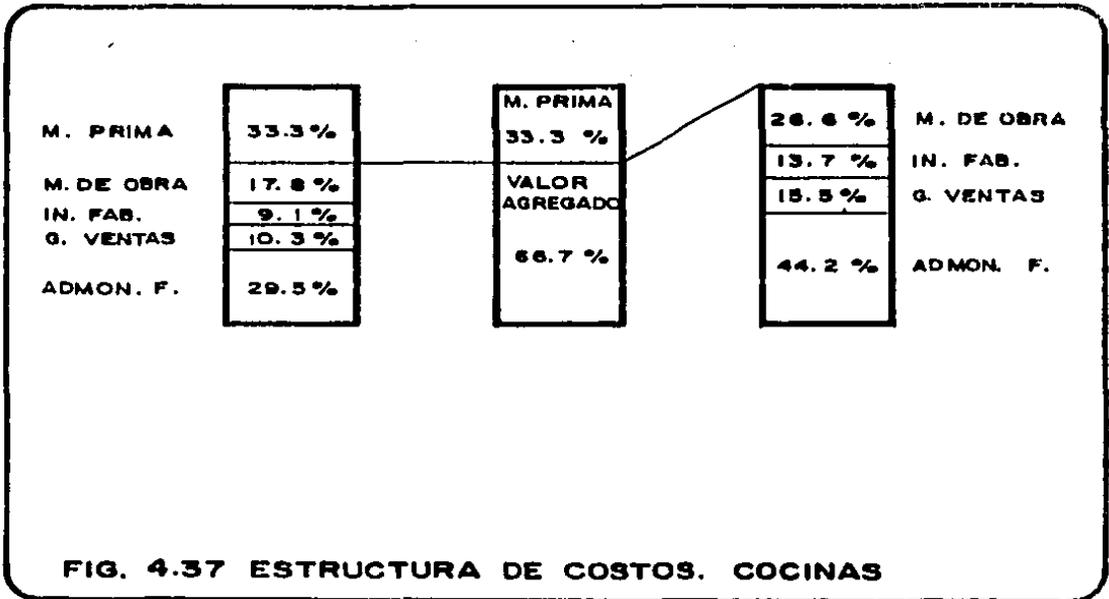


FIG. 4.34 ESTRUCTURA DE COSTOS. GENERAL

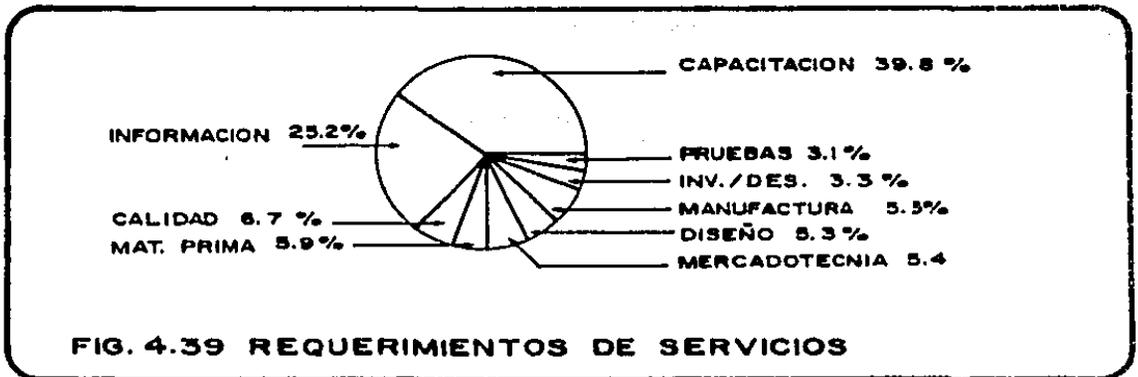




NORMAS.

En México se dispone de solo cuatro normas específicas para muebles de madera y otras cinco para insumos (1987). Existen otras veinte normas para madera pero enfocadas a la industria de la construcción. De las normas para muebles una es de nomenclatura y tres de métodos de prueba. Se requiere desarrollar normas de pruebas funcionales, de etiquetado y de seguridad.

La necesidad de servicios tecnológicos es otro aspecto importante de la industria mueblera mexicana. De acuerdo a las propias empresas, las necesidades más relevantes, se refieren a capacitación e información tecnológica;



En la actualidad, estas necesidades son satisfechas en forma parcial por el Instituto Mexicano del Mueble A.C. (que opera desde 1987 dentro de las instalaciones de los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial, LANFI.), el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de la Madera, LACITEMA, en Jalapa, Ver., y el Instituto Mexicano de Celulosa y Papel, INCYP, de la universidad de Guadalajara.

Mundialmente existen varios centros tecnologicos que ofrecen estos servicios a la industria mueblera, entre los principales se destacan:

- * Furniture Industry Research Association (FIRA), Gran Bretaña.
- * Centre Technologique Du Bois et de L'Ameublement (CTBA) de Francia.
- * Asociacion de Investigacion y Desarrollo en la Industria del Mueble y Afines (AIDIMA) en España.

En términos generales, estos centros ofrecen servicios de información tecnologica, apoyo técnico directo (consultoria), capacitación (actualización técnica y gerencial) y certificación de calidad; el denominador comun es su misión de contribuir al incremento de la competitividad de la industria mueblera a través de calidad y productividad.

VISION GLOBAL DE LA INDUSTRIA.

En terminos generales, la maquinaria y equipo existentes en Mexico es numeroso y razonablemente moderno; este equipamiento/modernización ocurrió principalmente en la década de los 70's, pero aun después de 1982 ha continuado, aunque en menor medida.

Existe poca automatización; esta es mas frecuente en operaciones de corte y maquinado, en la fabricación de muebles para oficina y cocinas en empresas medianas o grandes.

El nivel de calidad ha sido adecuado para el mercado local, sin embargo, en la mayoría de los casos no es suficiente para otros mercados tales como Estados Unidos y Europa. El control de calidad que se realiza es generalmente de tipo visual, la utilización de normas y estándares es sumamente escasa. Muchas veces la precisión de la maquinaria se pierde, ya sea por no emplear dispositivos adecuados (ejemplo: reglas de madera o carton en lugar de metal) o bien porque las operaciones subsecuentes se realizan en maquinaria mucho menos precisa. Los mercados internacionales demandan tolerancias del orden de ± 0.3 mms..

La actividad actual de innovación es muy limitada; los diseños se basan en adaptar o simplemente copiar lo ya existente. Además es poco frecuente encontrar que han considerados aspectos ergonomicos así como implicaciones para manufactura o para el transporte.

En cuanto a la forma de producción, las empresas de tamaño pequeño y mediano suelen ser "talleres grandes" más que "fabricas pequeñas", enfocadas a una producción artesanal más que industrial. Generalmente se trabaja bajo pedidos y por lotes.

La distribución en planta, (Lay-out), no siempre es la más conveniente y el manejo de materiales refleja los sistemas de producción generalmente manuales.

La utilización de la capacidad de producción instalada es reducida; normalmente se trabaja en un sólo turno y aun así la utilización solo rebasa el 80% en algunos casos.

La seguridad industrial es un área poco atendida dentro de las empresas; no existen salvo excepciones, instalaciones a prueba de explosión y la protección de las maquinas y de los obreros es muy escasa. En muchos casos tampoco existen sistemas adecuados para la extracción de polvos.

El estudio sobre la industria del mueble de madera se puede complementar con los datos suministrados por CANACINTRA, Sección 33 de la industria del mueble, sobre los aspectos adicionales siguientes:

- a) El entorno de la industria: situación general de la madera, insumos, frentes tecnológicos, costos de tecnología y de operación, financiación.
- b) La industria mundial: un análisis de la industria en los principales países tales como, Estados Unidos, Canada, Taiwan, Italia, Alemania, Dinamarca, Brasil, Suecia, Francia, Yugoslavia, Rumania.
- c) El mercado nacional: segmentación, crecimiento de la producción, distribución.
- d) El mercado mundial: situación del mercado potencial para México, el mercado de E.E.U.U., Alemania, Francia, Reino Unido y Canada.
- e) Análisis comparativo entre los países productores de la industria del mueble y México.
- f) Recomendaciones para la reestructuración de la industria nacional de muebles de madera.

CONCLUSIONES

Una vez terminado este pequeño manual, se torna evidente la extensión del tema y a la vez sus grandes posibilidades para profundizar en cada uno de los contenidos tratados.

Como conclusión del subsector de muebles de madera, podemos decir que su producción posee un bajo nivel técnico promedio, debido entre otras razones, a que está excesivamente concentrada con respecto a los estándares mundiales, en pequeños establecimientos, y porque la tecnología y por lo tanto la producción física de la mano de obra, es muy inferior para cada uno de los tamaños de planta, en relación con los países desarrollados.

Sobre el tema de la madera como material, resalta la importancia que tiene el conocerla como materia prima, para obtener una competitiva eficiencia y calidad en los procesos subsecuentes. Cabe señalar varios temas para futuras investigaciones, tales como, el conocimiento de las maderas tropicales y sus posibles usos, el conocimiento de la tecnología y aplicaciones novedosas de los prefabricados de madera, la combinación de la madera con otros materiales, como el carbono, el plástico y sus usos posibles. Acciones como el publicar y popularizar datos técnicos de las maderas "conocidas", como sus características mecánicas, procesos de secado y procesos de transformación, ya que existe a nivel empresarial bastante ignorancia al respecto.

Sobre los procesos de fabricación, lo primordial a nivel general, es comenzar la aplicación de conceptos industriales que eleven la productividad y la calidad de los muebles de madera en las micro y pequeñas empresas, mediante el empleo fácil de formularios de registro de datos, diagramas, organigramas etc., que tal vez son desconocidos y/o complicados para el gerente-empresario, pero que con los conocimientos de un Diseñador Industrial sobre el tema, facilita su implementación y más aún, la generación de nuevos diseños que tanto hacen falta para ganar la competitividad internacional.

También podemos señalar, en cuanto al mercado mexicano de

muebles, las empresas dedicadas a las cocinas y tapizados, son las menos afectadas por una apertura al exterior, las primeras por ser generalmente hechas a la medida y las segundas por su alto costo en el transporte. El mueble listo para ensamble no ha sido aceptado, pero si se lograra desarrollar, afectaria a todas las categorias; para una protección tanto del empresario como del usuario se requiere, desarrollar normas obligatorias de etiquetado con descripción de materiales, desarrollo de la etiqueta de calidad y establecer un banco de datos de los mercados internacionales.

A manera de estrategia para la estructura industrial, se propone una organización en forma piramidal del sector, esto es, dividir el sector mueblero en cuatro grandes subsectores que serian, sector de comercialización, sector de acabado, sector de ensamble y sector de maquinado. La empresa comercializadora contrata varios fabricantes de muebles especializados en acabado, estos a su vez contratan varios ensambladores, que a su vez subcontrata el maquinado a empresas más pequeñas, así el acabador, realizaria las gestiones de adquisición de materiales, procesos de corte y secado, y supervisaría la manufactura y el control.

En el caso de la producción, para tender la evolución de las pequeñas industrias de la producción en lote a la producción en serie flexible, se requeriria de la formación de mandos intermedios, formación de sistemas de costos, mantenimiento, control de la producción y el aseguramiento del control de calidad.

En el caso de los insumos, por las afirmaciones en general de que los mexicanos son más costosos, de menor calidad, con menor disponibilidad y menos variedad, se propondria una conducta a seguir en forma combinada entre abrir importaciones para ganar rapidamente mercados y desarrollar competitividad de los proveedores de insumos buscando una salida a largo plazo.

En el campo tecnológico podemos concluir a la tendencia del desarrollo de la automatización a bajo costo, es decir, emplear dispositivos sencillos de uso comun, como, escantillones,

dispositivos de sujeción, alimentadores, lo cual repercutiría en un aumento de la productividad, ganancia de precisión y seguridad industrial. La automatización es un proceso dentro de la planta de producción, es decir, entrenamiento de especialistas que generen congruencia a todos los aspectos de tecnología, tales como, capacitación, información, asistencia técnica e impulsar el proceso de normalización.

Por último, y de vital importancia, se debe desarrollar un centro de recursos tecnológicos para la industria del mueble, ya sea por integración de los ya existentes, (los cuales son muy parciales en sus objetivos), o por la creación de uno nuevo e independiente con el fin de, apoyar a la industria mueblera en, asesoría técnica directa, información tecnológica, capacitación y actualización, certificación de calidad y normalización, desarrollar especialistas en automatización a bajo costo con un profesional de partida como el diseñador industrial o fomentarlo dentro de las escuelas de diseño industrial.

Como se puede ver, el campo de la producción de muebles de madera es muy extenso y por lo general se le ha puesto poca atención, es por esto que este manual es una contribución a muchos de los temas aquí expuestos y que si se lograra aplicar en una micro o pequeña industria, se elevaría la competitividad de ésta a través de su mejor productividad y calidad del producto.

ANEXO No. 1

ANEXO No. 1

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
1 Abarco	Cariniana piriformis
2 Abarco, Coco	Cariniana piriformis
3 Abeto, Oyamel	Abies concolor
4 Aceite	Callophyllum sp
5 Aguacatillo	Persea loevigata
6 Aile	Alnus jorullensis
7 Amapola	Pseudobombax ellipticum
8 Amapola, bote	Pseudobombax ellipticum
9 Amargoso	Vatairea lundelli
10 Amarillo de pena	Ocoteadiscolor
11 Arenillo	Nectandra sp
12 Arracacho	Vochysia duquei
13 Arrayan	Myrcia acuminata
14 Bajon, Hormiguero	Cordia alliodora
15 Balso	Ochroma tomentosum
16 Barcino	Callophyllum lucidum
17 Bari	Callophyllum brasiliense
18 Bari, Leche maria	Callophyllum brasiliense
19 Bejuco	Combretum laxum
20 Cabeza de mico	Licania platypus
21 Cacho de toro	Bucida macrostachya
22 Caimitillo	Chrysophyllum olivaeformis
23 Caimo	chrysophyllum caimito
24 Caimo viejo	chrysophyllum caimito
25 Canelo	Drimys granatensis
26 Canime	Copaifera officinalis
27 Canshan, Tepesuchil	Terminalia amazonia
28 Caoba	Swietenia macrophylla
29 Caoba	Swietenia mahogani
30 Caracoli	Rhinocarpus exelsa
31 Carano	Protium caranna
32 Carneasao	Cochlospermum hibiscoides
33 Caunce	Godoya antioquiensis
34 Cedrillo	Guarea glabra
35 Cedro	Cedrela odorata
36 Cedro aromático	Cedrela odorata
37 Cedro blanco	Librocedrus decurrens
38 Cedro caoba	Cedrela odorata
39 Cedro cebollo	Cedrela glaziovii
40 Cedro monde	Cedrela bogotensis

41 Cedro monde o palosanto	Cedrela bogotensis
42 Cedro negro	Juglans Columbiensis
43 Ceiba amarilla	Bombas
44 Ceiba blanca	Pachira
45 Cerezo de monte	Freziera sericea chrysophylla
46 Chacahuante	Sickingia salvadorensis
47 chakte	Sweetia panamensis
48 Chamaite	Pinus montezumae
49 Chaquiro	Podocarpus densifolia
50 Chechen blanco	Sebastiana longicuspis
51 chicharra	Mirandaceltis monoica
52 Chicharron	Quercus crassifolia
53 Chicozapote, Chicle zapote	Manilkara zapota
54 Chilco	laplacea symplocoideslaplacea
55 Chiquitinib/mont	Quercus anglohondurensis
56 Chuguaca,rique	Vibornum tinioides
57 Cobete	Quercus skinneri
58 Comino	Aniba perutilis
59 Comula	Viburnum bonicereas
60 Coton de caribe	Alchornea latifolia
61 Cuapinol,guapinol	Hymenea courbaril
62 Cucharo	Myrsine popayanensis
63 Cuerillo	Ampelocera hottlei
64 Diomate	Astronium graveolens
65 Drago	Croton sanguifluus
66 Encenillo	Weinmannia heterophylla
67 Encino	Quercus acatenanguensis
68 Encino blanco	Quercus achroetes
69 Encino roble	Quercus rugosa
70 Encino rojo	Quercus elliptica
71 Eucalipto	Eucaliptus sp
72 Frijolillo	Pithecellobium arboreum
73 Guacamayo	Triplaris americana
74 Guacitan	Pithecellobium leucocalix
75 guate	Dipholis stevensonii
76 Guapaque	Dialium guianense
77 Guayaboleon	Eugenia sp
78 Guayacan	zygophyllum arboreum
79 Guayacan coco,coco colorado	Lecythis sp
80 Guayacan hobo	arthrosamanea pistaciaefolia
81 Guayacan tolvillo	Tabebuia
82 Hormiguillo	Platymiscium yucatecum
83 Huesito	Mirtus albida
84 Jabin, Barbasco	Piscidia communis
85 Jigua negro	Nectandra sp

86 Jobillo	Astrunium graveolens
87 Jobo	Spondias mombin
88 Jolmashte	Talauma mexicana
89 Kaniste, Mamey de Campeche	Pouteria campechiana
90 K'atalox	Swartzia cubensis
91 Laurel	Nectandra sp
92 Laurel amarillo	Persea lauracea
93 Laurel amarillo	Ocotea sp
94 Laurel comino	Aniba sp
95 Laurel hediondo	Nectandra
96 Macablanca,apestoso	Vochysia hondurensis
97 Machare	Mismia guianensis
98 Machare	Mismia guianensis
99 Machiche,chaperlo	Lonchocarpus castilloi
100 Mamba, mansh	Pseudolmedia oxyphyllaria
101 Mangle	Rizophora mangle
102 Marfil,Chaquiro amargo	Amyris maritima
103 Maria	Callophyllum mariae
104 Masamorro	Poulsenia armata
105 Matarraton	Robinia sp
106 Mazabalo	Carapa guianensis
107 Molinillo	Quararibea funebris
108 Naranjuelo	Amyris balsamifera
109 Nogal	Juglans nigra
110 Ocote colorado	Pinus patula
111 Orejuelo	Cymbopetalum penduliflorum
112 Otobo	Dyaliantloera
113 Pajutle	Mosquitoxylum jamaicense
114 Palo de agua	Pachira acuatica
115 Palo de sangre	Pierocarpus hayesii
116 Palo gusano	Lonchocarpus hondurensis
117 Palo judio	Schizolobium parahibium
118 Palo mulato	Bursera simaruba
119 Pasa ak',pajulte	Simarouba glauca
120 Pata de gallo	Thibaudia falcata
121 Pelmax	Aspidosperma magalocarpon
122 Pimientillo	Misanteca pekii
123 Pino	Juniperos virginiana
124 Pino amarillo	Pinus cooperi
125 Pino blanco	Pinus douglasiana
126 Pino blanco	Pinus duranguensis
127 Pino colorado	Pinus patula
128 Pino hayuelo	Podocarpus taxifolia
129 Pino ortiguillo	Pinus lawsoni
130 Pisquin,pinon	Albizia malacocarpa

131 Popiste	Blepharidium mexicanum
132 Puntelanza	Vismia ferruginea
133 Pino	Pinus tenuifolia
134 Pino	Pinus teocote
135 Pino	Pinus pseudostrobus
136 Pino	Pinus rudis
137 Pino	Pinus lambertiana
138 Pino	Pinus contorta
139 P. blanco, P. harasin, P. real	Pinus douglasiana
140 P. chino, P. prieto, ocote bla	Pinus leiophylla
141 P. escobeton, P. lacio	Pinus michoacana cornuta
142 P. ayacahuite	Pinus ayacahuite
143 P. lacio	Pinus michoacana
144 P. pina larga	Pinus coulteri
145 P. pinonero	Pinus quadrifolia
146 P. ponderosa	Pinus jeffreyi
147 P. ponderosa	Pinus ponderosa
148 Ramon	Brosimum alicastrum
149 Roble	Tecoma pentaphylla
150 Roble blanco	Quercus humboldtiana
151 Roble blanco	Erythrobalanus humboldti
152 Sac chachah	Dendropanax arboreus
153 Sangragao	Croton eluteria
154 Sauce	Salix humboldtiana
155 Siricote, Chackopte	Cordia dodecandra
156 Tachuelo	Xanthoxylum rigidum
157 Trementino	Zuelania guidonia
158 Tripal	Lysiloma acapulensis
159 Tuno	Stephanogastera purpurea
160 Tzalam, Tzucte	Lysiloma bahamensis
161 Ya'axnik	Vitex gaumeri
162 Zopo	Guatteria anomala

ANEXO No. 2

EL PERT

Es un sistema de planificación y actualmente utilizado también como sistema de control. La palabra PERT, está formada por las iniciales del sistema Program Evaluation and Review Technique, (Técnica de valoración y revisión de programas); existe otro sistema similar, llamado CPPS (Critical Path Planning and Scheduling, planificación y programación por el camino crítico).

Ambos sistemas están basados en una estructura de red, tienen como finalidad indicar la secuencia de las actividades, el tiempo aparece sólo como referencia y están constituidos por los siguientes componentes :

1.- Diagrama de flechas : es un gráfico que simula los procesos operativos que van a desarrollarse durante la ejecución de un proyecto. Generalmente en los proyectos de gran magnitud, son diagramas generales y esquemáticos, por lo que se generan otros subdiagramas de detalles para tener una visión total del proyecto.

2.- Actividad : es la operación o grupo de operaciones o tareas productivas a ejecutar y se representa con una flecha y encima un código que puede ser una letra, por ejemplo, encender la sierra o aserrar un número determinado de piezas. Principio y fin de la actividad identificados completamente. Se utilizan ciertas normas como son : a) todas las actividades deben empezar y terminar con un suceso, (suceso o evento, es un logro definido y reconocible en un tiempo determinado), b) sólo se puede comenzar una actividad después de haber cumplido el suceso inicial de la misma.

3.- Sucesos : es un punto en el tiempo, se le llama también nudos o nodos. En él, comienzan y/o terminan una o varias actividades, se representa generalmente con un círculo y un código inscrito, el cual determina el suceso, ejemplo en la grafica, suceso 2.

Quando se necesita más información o el sub-diagrama es de gran detalle, contiene varios datos y pueden ser representados de varias formas: los datos encontrados serán:

- A : Número o identificación del suceso.
- B : Fecha más temprana, suceso inicial.
- C : Fecha más tardía, suceso final.
- D : Holgura, es la diferencia entre A y B.

Se deben de tener en cuenta varias normas :

a) Sólo se llega a un suceso, cuando se terminan todas las actividades que concluyen en él.

b) Todo suceso a excepción del primero y del último debe tener como mínimo una actividad que termina en el suceso y otra actividad que parte del mismo.

c) Los sucesos deben ser numerados en el mismo orden secuencial en el que ocurren a lo largo del tiempo.

d) Los números que identifican los sucesos deben ascender de izquierda a derecha.

e) Los tiempos se determinan de la siguiente forma :

T.L. = tiempo máximo tolerado, es el tiempo de tolerancia en que puede ocurrir un evento, sin retrasar un evento más allá de su T.E.

T.E. = tiempo más corto posible, es el tiempo en que se puede alcanzar un evento, sin que se retrase el flujo.

$$\text{HOLGURA} = \text{T.L.} - \text{T.E.}$$

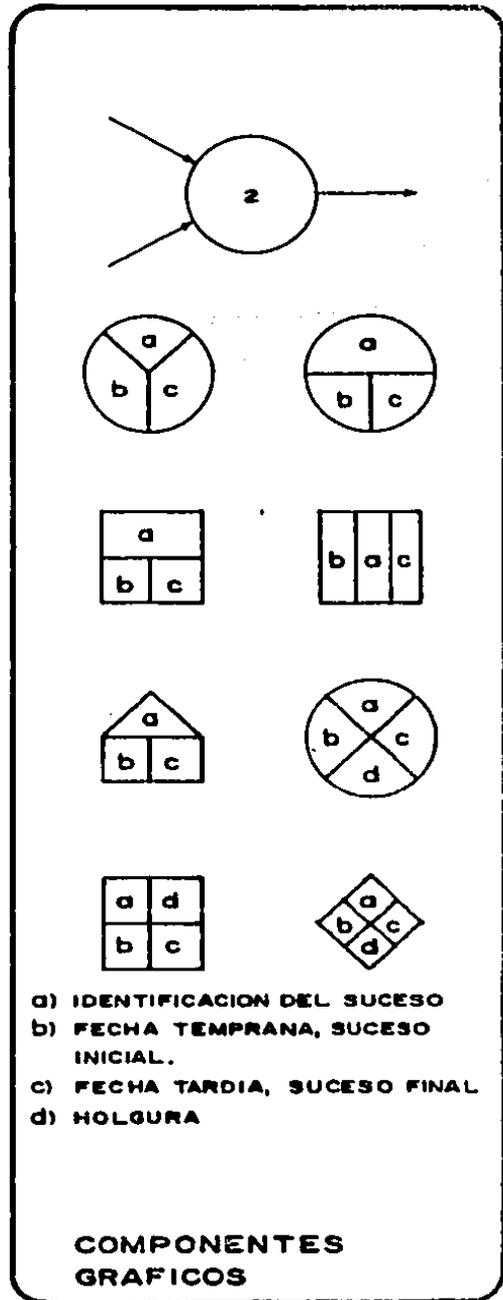
El camino crítico es, el que se recorre a través de la red y cuya holgura es cero.

El tiempo de las actividades debe colocarse por alguien con experiencia en esa actividad, los diferentes tipos de tiempos son: **M., Tiempo más probable**, es el que se lleva a utilizar en condiciones normales.

O., Tiempo optimista, es el tiempo mínimo posible, se realiza una actividad sin dificultades.

P., Tiempo pesimista, es el tiempo máximo que se ha llevado en hacer una actividad.

T.e., Tiempo esperado, es la realción de los tiempos, M, O y



P., de la siguiente forma :

$$Te = \frac{O + 4M + P}{6}$$

La desviación estandar de los tiempos se calcula con la siguiente formula :

$$5 Te = \frac{P - O}{6}$$

Ahora procedemos a elaborar un ejemplo para la aplicación de lo anterior.

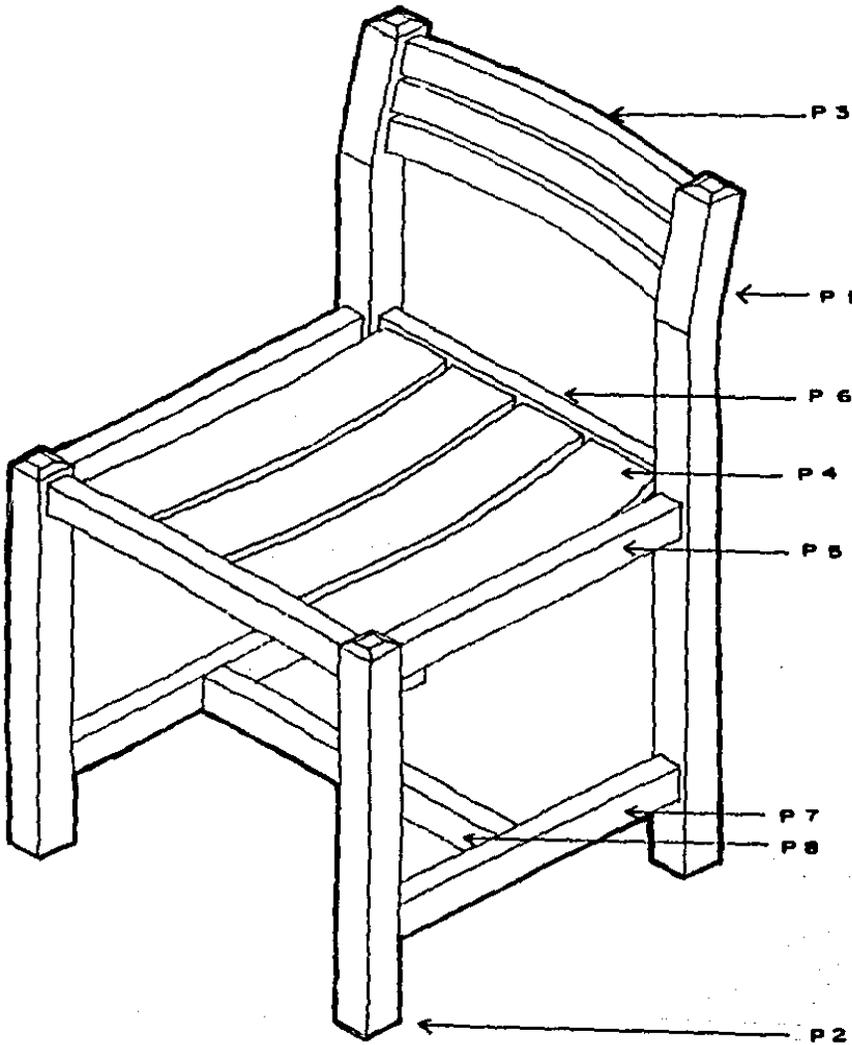
PROBLEMA

Para la producción de 400 sillas de madera, según los esquemas adjuntos, elaborar el diagrama de Gantt, la red PERT, el análisis de la ruta crítica, cuadro de tiempos : M, O, P, Te..

DESARROLLO

Para la programación de dicha producción, se elaboran las siguientes etapas :

- 1.- Despiece de la silla.
- 2.- Proceso de cada pieza.
- 3.- Análisis de tiempos de proceso.
- 4.- Diagrama de Gantt.
- 5.- La red PERT y el camino crítico.
- 6.- Cuadros de tiempos.



DESPIECE

D-1

.034
+
+ .041

+

PIEZA N°1 : PATAS POSTERIORES (2), TOTAL 800

.82



+
+ .04 + .04 + .03

+



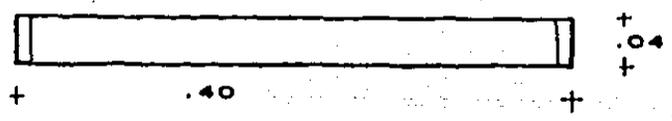
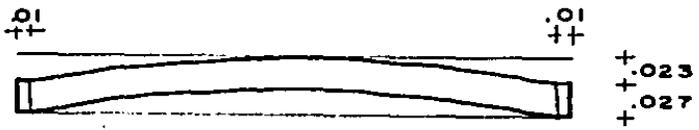
+

PIEZA N°2 : PATAS ANTERIORES (2), TOTAL 800

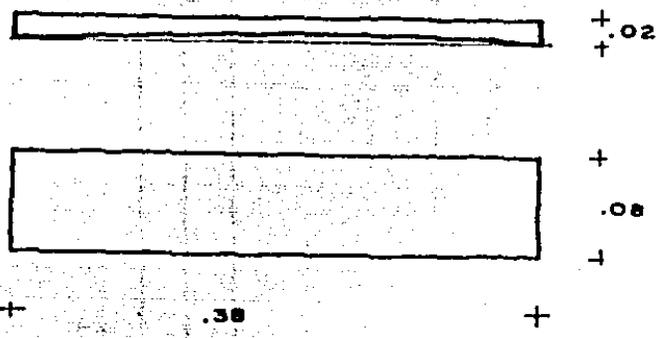
.47

+
+ .04 + .04

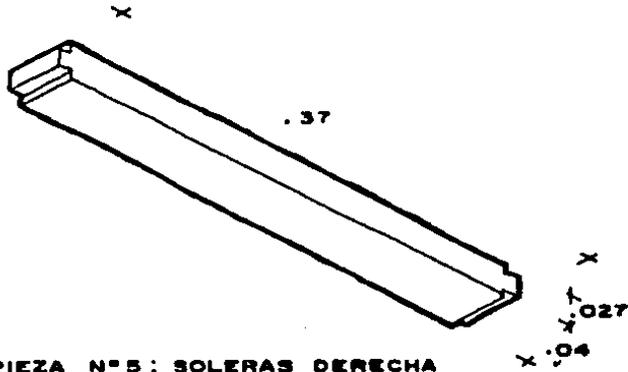
+



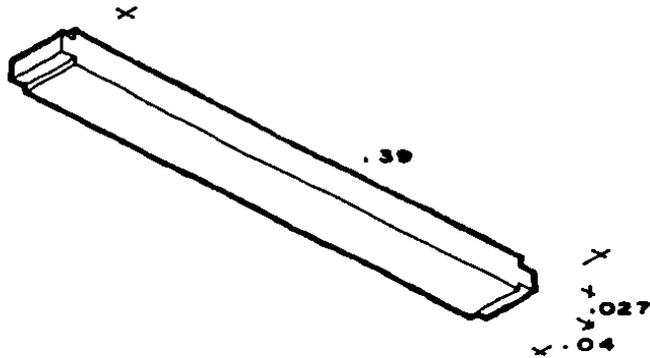
PIEZA N° 3: ESPALDAR (3), TOTAL 1200



PIEZA N° 4: ASIENTO (4), TOTAL 1600



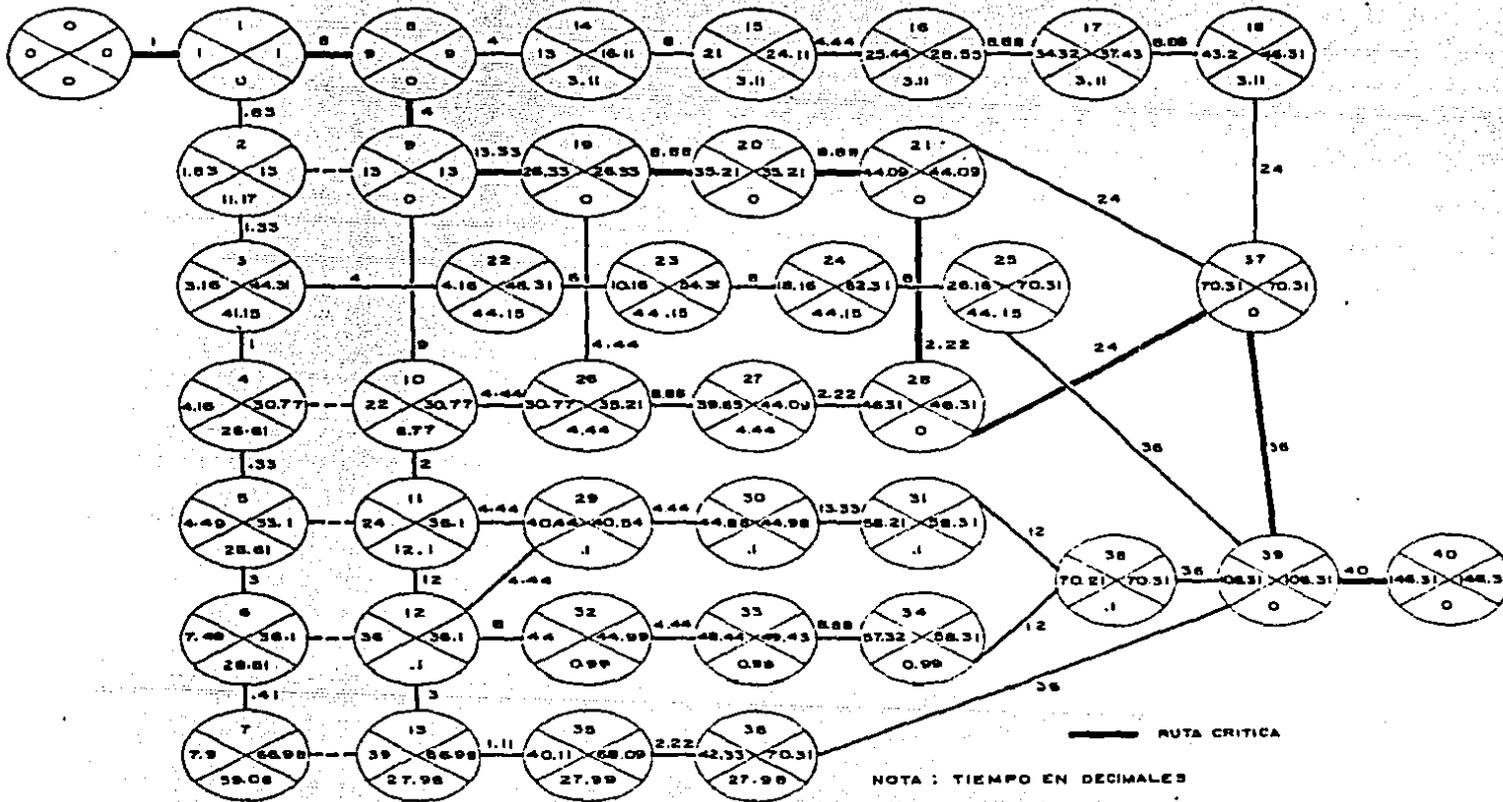
PIEZA N°5 : SOLERAS DERECHA
E IZQUIERDA (2), TOTAL 800



PIEZA N°6 : SOLERA ANTERIOR Y POSTERIOR
(2), TOTAL 800

DEFINICION DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	DESCRIPCION
0	MATERIA PRIMA
1	CORTE TRANSVERSAL PIEZA P1
2	CORTE TRANSVERSAL PIEZA P2
3	CORTE TRANSVERSAL PIEZA P3
4	CORTE TRANSVERSAL PIEZA P5-P7
5	CORTE TRANSVERSAL PIEZA P6
6	CORTE TRANSVERSAL PIEZA P4
7	CORTE TRANSVERSAL PIEZA P8
8	CORTE LONGITUDINAL PIEZA P1
9	CORTE LONGITUDINAL PIEZA P2
10	CORTE LONGITUDINAL PIEZA P5-P7
11	CORTE LONGITUDINAL PIEZA P6
12	CORTE LONGITUDINAL PIEZA P4
13	CORTE LONGITUDINAL PIEZA P8
14	DIBUJO PIEZA P1
15	CORTE SIERRA CINTA P1
16	DIMENSION CEPILLO P1
17	ELABORACION DE CAJAS P1
18	PERFILADA DE CABEZAS P1
19	DIMENSION CEPILLO P2
20	ELABORACION DE CAJAS P2
21	PERFILADA DE CABEZAS P2
22	DIBUJO PIEZA P3
23	CORTE SIERRA CINTA P3
24	DIMENSION TROMPO P3
25	ELABORACION ESPIGA P3
26	DIMENSION CEPILLO P5-P7
27	ELABORACION ESPIGA P5-P7
28	ELABORACION DE CAJAS P5-P7
29	DIMENSION CEPILLO P6
30	ELABORACION DE CAJAS P6
31	ELABORACION DE ESPIGA P6
32	DIMENSIONADA CANTOS P4
33	DIMENSIONADO TROMPO P4
34	ELABORACION DE ESPIGA P4
35	DIMENSION CEPILLO P8
36	ELABORACION ESPIGA P8
37	ENSAMBLE P1,P5,P7
38	ENSAMBLE P4,P6
39	ENSAMBLE TOTAL
40	MUEBLE PINTADO Y SECADO



LA RED PERT

OPERACION MAQUINA

PIEZA

C. TRANSV. S. RADIAL
 C. TRANSV. S. RADIAL

P 1
 P 2
 P 3
 P 4
 P 5 - P 7
 P 6
 P 8

C. LONG. S. CIRCUL.
 C. LONG. S. CIRCUL.

P 1
 P 2
 P 3
 P 4
 P 5 - P 7
 P 6
 P 8

DIBUJO
 CORTE S. CINTA
 DIMENS. CEPILLO
 CAJAS ESCOPLO
 PERP. CABZ. REUTER
 DIMENS. CEPILLO
 CAJAS ESCOPLO
 PERP. CABZ. REUTER

P 1
 P 1
 P 1
 P 1
 P 2
 P 2
 P 2

DIBUJO
 CORTE S. CINTA
 DIMENS. TROMPO
 ESPIGA ESPIGADO
 DIMENS. CEPILLO
 ESPIGA ESPIGADO
 CAJA ESCOPLO
 DIMENS. CEPILLO
 CAJA ESCOPLO
 ESPIGA ESPIGADO
 DIMENS. PLANEAD.
 DIMENS. TROMPO
 ESPIGA ESPIGADO
 DIMENS. CEPILLO
 ESPIGA ESPIGADO

P 3
 P 3
 P 3
 P 3
 P 5 - P 7
 P 5 - P 7
 P 5 - P 7
 P 5 - P 7
 P 5 - P 7
 P 4
 P 4
 P 4
 P 4
 P 4
 P 4
 P 4

ENSAMBLE
 SECADO
 ENSAMBLE
 SECADO
 ENSAMBLE
 SECADO
 PINTURA
 SECADO

P 5
 P 7 - P 1
 P 7 - P 1
 P 8
 P 8
 P 4 - P 6
 (P 2 - P 1 - P 5 - P 7) (P 8)

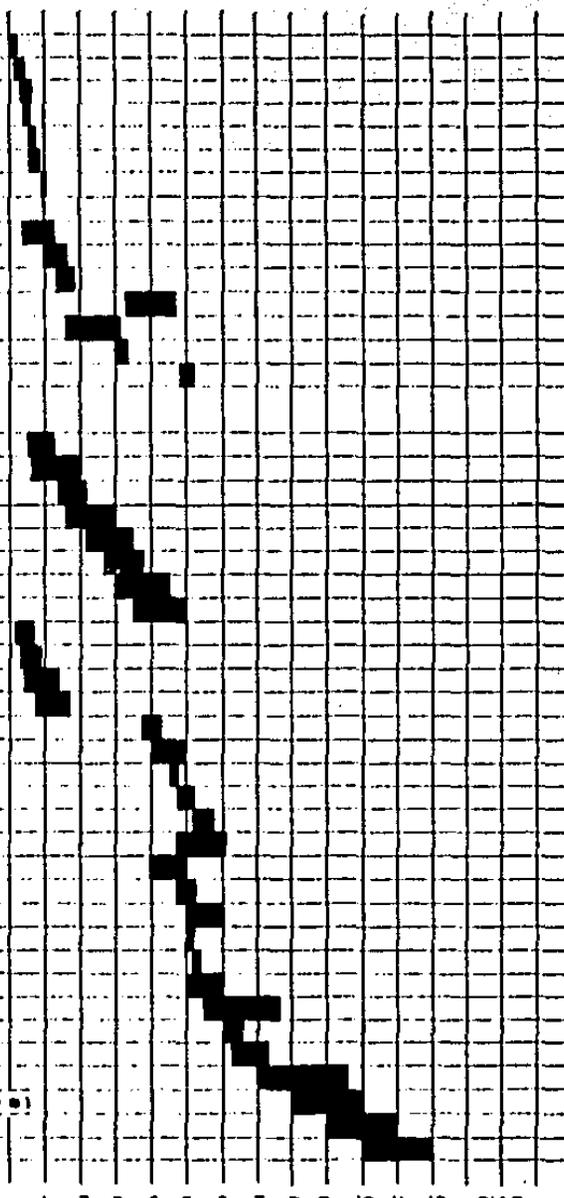


DIAGRAMA DE GANT

3.-ANALISIS DE TIEMPOS DE PROCESO

OPERACION MAQUINA	PIEZA	SGS/PIEZ	CANT.	SGS/TOTAL	MINUTOS	HORAS
C.Transv.S.Radial	P1	63,780	45,400	2895,612	48,260	1,000
C.Transv.S.Radial	P2	96,000	15,000	1440,000	24,000	0,400
C.Transv.S.Radial	P3	99,000	35,000	3465,000	57,750	1,200
C.Transv.S.Radial	P4	103,000	77,000	7931,000	132,183	3,000
C.Transv.S.Radial	P5-P7	103,000	26,000	2678,000	44,633	1,000
C.Transv.S.Radial	P6	117,000	4,500	526,500	8,775	0,200
C.Transv.S.Radial	P8	121,000	7,000	847,000	14,117	0,250
C.Long. S.Circul.	P1	480,000	45,400	21792,000	363,200	8,000
C.Long. S.Circul.	P2	720,000	15,000	10800,000	180,000	4,000
C.Long. S.Circul.	P3	525,000	35,000	18375,000	306,250	6,000
C.Long. S.Circul.	P4	420,000	77,000	32340,000	539,000	12,000
C.Long. S.Circul.	P5-P7	945,000	26,000	24570,000	409,500	9,000
C.Long. S.Circul.	P6	945,000	4,500	4252,500	70,875	2,000
C.Long. S.Circul.	P8	945,000	7,000	6615,000	110,250	3,000
Dibujo	P1	12,000	800,000	9600,000	160,000	4,000
Corte S.Cinta	P1	25,000	800,000	20000,000	333,333	8,000
Dimens. Cepillo	P1	20,000	800,000	16000,000	266,667	4,440
Cajas Escoplo	P1	40,000	800,000	32000,000	533,333	8,880
Perf.Cab.Reuter	P1	40,000	800,000	32000,000	533,333	8,880
Dimens. Cepillo	P2	60,000	800,000	48000,000	800,000	13,333
Cajas Escoplo	P2	40,000	800,000	32000,000	533,333	8,889
Perf.Cab Reuter	P2	40,000	800,000	32000,000	533,333	8,889
Dibujo	P3	10,000	1200,000	12000,000	200,000	3,333
Corte S.Cinta	P3	15,000	1200,000	18000,000	300,000	5,000
Dimens. Trompo	P3	20,000	1200,000	24000,000	400,000	6,667
Espiga Espigad	P3	10,000	2400,000	24000,000	400,000	6,667
Dimens. Cepillo	P5-P7	10,000	1600,000	16000,000	266,667	4,444
Espiga Espigad	P5-P7	10,000	3200,000	32000,000	533,333	8,889
Caja Escoplo	P5-P7	10,000	800,000	8000,000	133,333	2,222
Dimens Cepillo	P6	10,000	1600,000	16000,000	266,667	4,444
Caja Escoplo	P6	60,000	800,000	48000,000	800,000	13,333
Espiga Espigad	P6	10,000	1600,000	16000,000	266,667	4,444
Dimens. Planead	P4	15,000	1600,000	24000,000	400,000	6,667
Dimens. Trompo	P4	10,000	1600,000	16000,000	266,667	4,444
Espiga Espigad	P4	10,000	3200,000	32000,000	533,333	8,889
Dimens. Cepillo	P8	10,000	400,000	4000,000	66,667	1,111
Espiga Espigad	P8	10,000	800,000	8000,000	133,333	2,222
Ensamble	P5-P7-P1	30,000	800,000	24000,000	400,000	8,000
Secado	P5-P7-P1			0,000	0,000	16,000
Ensamble	P4-P6	40,000	400,000	16000,000	266,667	4,444
Secado	P4-P6					12,000
Ensamble.	P3(P4,P6)	180,000	400,000	72000,000	1200,000	20,000
Secado	(P2,P1,P5,P7)(P8)					16,000
Pintura		150,000	400,000	60000,000	1000,000	16,667
Secado						23,330

COMPRESION DE REDES

La compresión de redés, es el proceso de acortar el tiempo de duración de un proyecto, determinado por el método de la ruta crítica.

El costo directo, se forma de la suma de los costos de materiales, mano de obra y de maquinaria, y el costo indirecto, es una función del tiempo de duración del proyecto.

Cuando la duración de un proyecto se acorta, el costo aumenta, si la parte del costo asociada a los recursos aumenta más de lo que disminuye la asociada con el tiempo. Si la duración del proyecto aumenta, también puede ocurrir que el costo aumente, si la parte del costo asociada con el tiempo crece más que lo que disminuye la parte asociada a los recursos. También, cuando el control del proyecto es deficiente, pueden aumentarse los costos considerablemente por efecto de recursos que no se utilizan adecuadamente.

Cuando una actividad se ejecuta en un tiempo normal, se dice que dicha actividad tuvo una duración normal. En cambio, cuando la duración de una actividad se acorta hasta su duración límite, se dice que esa actividad tiene una duración de premura.

La duración de premura se obtiene de igual manera que la duración normal, o sea, volumen/rendimiento, pero con la utilización de un mayor número de recursos que aunque aumentan la producción, el rendimiento de cada máquina o del personal, disminuye, por lo que aumenta el costo.

El gasto que nos cuesta reducir una actividad por cada unidad de tiempo, una vez conocidas las duraciones y costos normales y de premura, se determinan con la siguiente fórmula:

$$\text{Costo por unidad de tiempo acortada} = \frac{\text{Costo de premura} - \text{Costo normal}}{\text{Duración normal} - \text{Duración de premura}}$$

Procedimiento para la compresión.

Las compresiones las haremos directamente en nuestra red o diagrama, y si queremos acortar nuestro proyecto en un día o más, lo haremos en la ruta crítica y dentro de ésta escogeremos la actividad de menor costo por día acortado.

Para reducir el proceso, se eligen actividades de la ruta crítica que no tengan holgura y cualquier reducción de tiempo en alguna de esas actividades se refleja en la duración total del proyecto.

Hay que tener cuidado de que al comprimir una actividad no vaya a desaparecer de la ruta crítica original. En el proceso de compresión pueden producirse varias rutas críticas. Si queremos acortar más el tiempo, y ya tenemos la ruta crítica original y otra resultado de la última compresión de tiempos, la siguiente reducción deberá hacerse simultáneamente y por el mismo número de días en actividades de ambas rutas críticas.

Una actividad, no se puede acortar más allá de su duración límite o de premura.

Al comprimir una actividad, el nuevo costo del proyecto se determina:

$$\text{COSTO } n = \text{COSTO } n - 1 + (\text{COSTO}/\text{día } n)(\# \text{ días acortados})$$

Cuando se desee realizar un proceso productivo en el menor tiempo posible, es común efectuar todas las actividades del proceso en el menor tiempo posible, es decir, en condiciones límites.

Esta manera de proceder conduce a un incremento innecesario del costo del proceso; pues como se ha visto, deben acelerarse las actividades que producen acortamientos de tiempo. Hay actividades que no es útil acortar, que al hacerlo, incrementan el costo.

Con base en lo anterior, podemos decir lo siguiente:

a) La duración mínima de un proceso productivo, resulta cuando las actividades en la o las RUTA (S) CRITICA (S) tienen duraciones de premura.

b) Existe una infinidad de combinaciones de las duraciones de las actividades de un proceso, para los cuales la duración de éste es la mínima.

c) El costo máximo de ejecución de un proceso cuando la duración de éste es la mínima, resulta de efectuar todas las actividades en condiciones límites de premura.

d) Las duraciones posibles de proceso se encuentran en la duración mínima y la duración normal.

Para la explicación del proceso, desarrollaremos el siguiente ejemplo partiendo del siguiente diagrama.

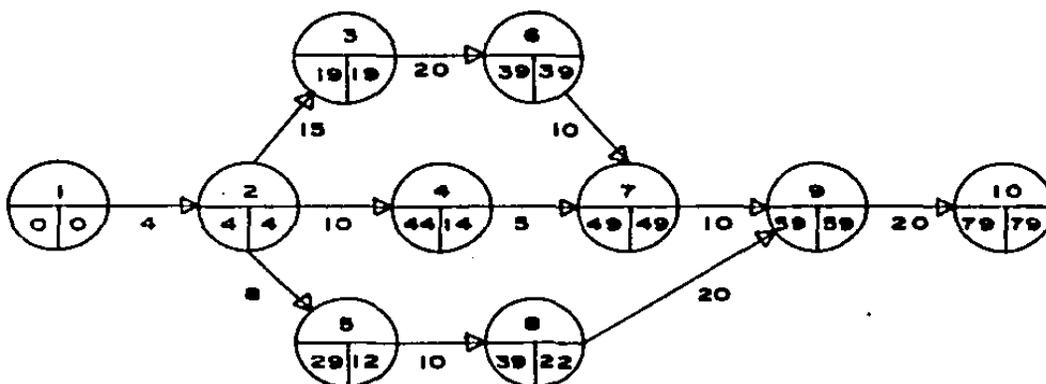


TABLA DE DURACION Y COSTOS.

Actividad	Dn	Dp	Cn	Cp	Pesos / d
1 - 2	4	2	100	400	150
2 - 3	15	10	50	150	20
2 - 4	10	5	20	100	16
2 - 5	8	5	20	80	20
3 - 6	20	10	30	150	12
4 - 7	5	3	15	105	45
5 - 8	10	5	5	20	3
6 - 7	10	5	10	30	4
7 - 9	10	5	300	700	80
8 - 9	20	10	200	500	30
9 - 10	20	10	100	300	20
SUMAS			850	2535	

Costo para terminar la obra en condiciones normales de 79 días:

$$C_n = \$ 850.00$$

La suma de los costos de premura de todas las actividades constituye el costo de ruptura:

$$C_r = \$ 2 535.00$$

Necesitamos acortar nuestro proyecto 30 días por necesidades del cliente, por lo tanto escogemos una de las actividades críticas que salga más bajo su costo por acortar un día, por ejemplo la actividad 6 - 7.

Si acortamos la actividad 6 - 7 en un día, nuestro costo aumentaría:

$$C = 850.00 + 4.00 \times 1 = \$ 854.00$$

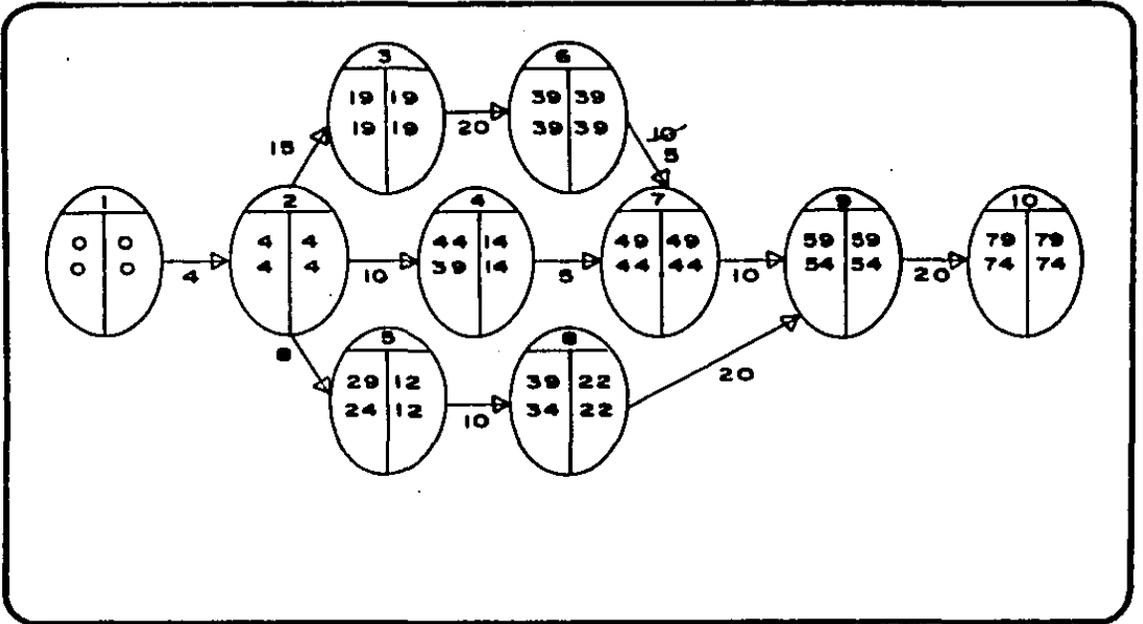
Primera compresión.

Si la actividad 6 - 7 la acortamos a su límite, o sea, 5 días:

$$\text{Costo del proyecto} = 850.00 + 4.00 \times 5 = \$ 870.00$$

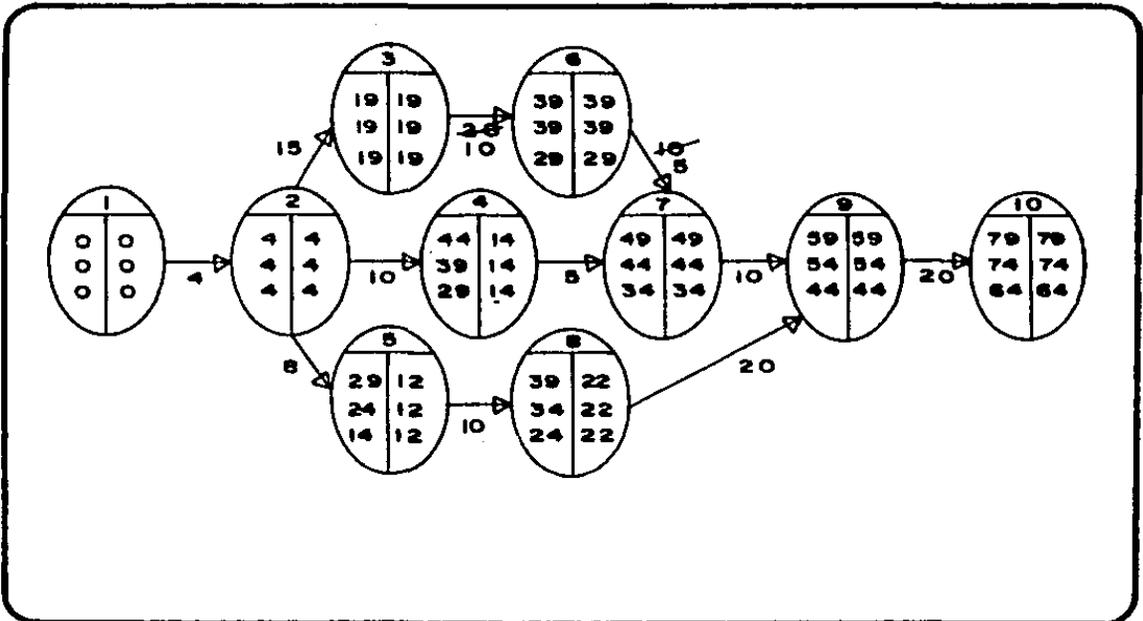
Esta actividad ya no podemos acortarla más, pues ya llegó a su duración de premura.

La compresión la representaremos en el diagrama de flechas de la siguiente forma:



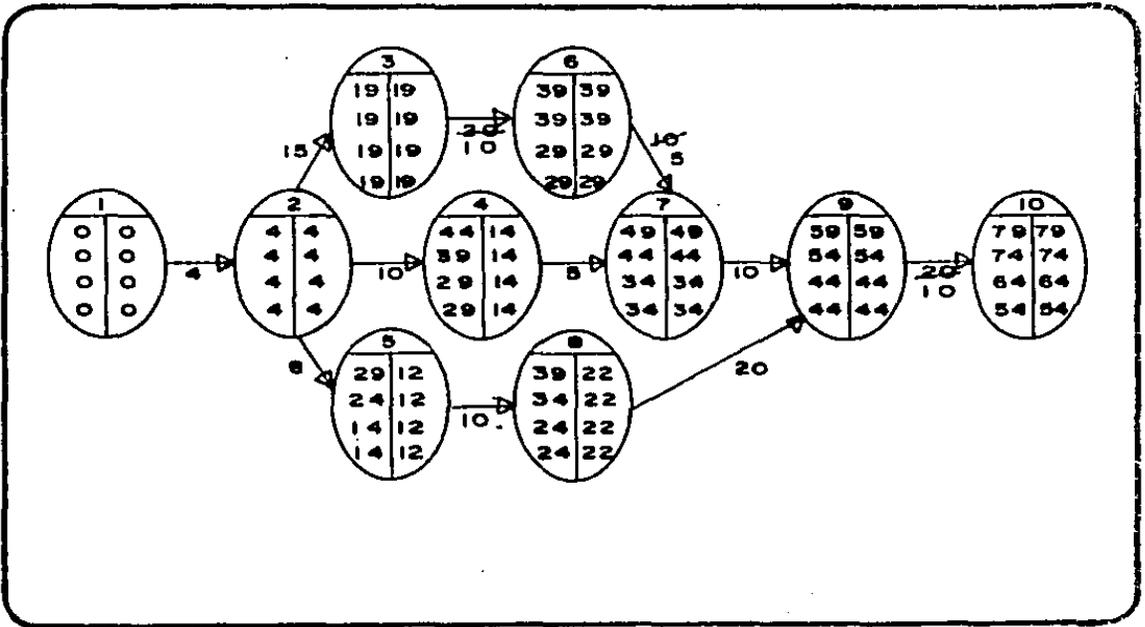
Segunda compresión.

La actividad 3 - 6 puede reducirse 10 días, el diagrama quedaría:



Tercera compresión.

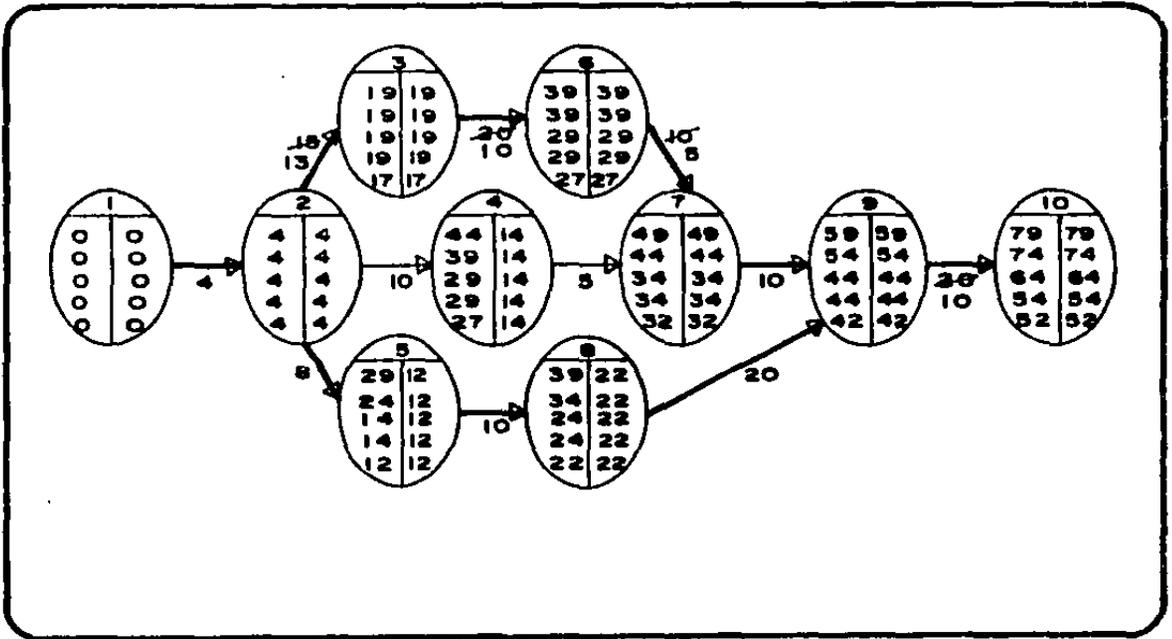
Hemos conseguido la duración de premura de las actividades críticas 6 - 7 y 3 - 6 . Ahora tenemos, que hay otras dos actividades críticas cuyo costo por día acortado es el más bajo de las actividades críticas que quedan, y escogeremos la actividad 9 - 10 ya que si comprimimos la 2 - 3 en 5 días se afectaría la ruta crítica original y tendríamos otra; por lo tanto comprimirémos la 9 - 10 en 10 días:



Cuarta compresión.

Comprimiremos la actividad 2 - 3, en dos días para no alterar la ruta crítica original.

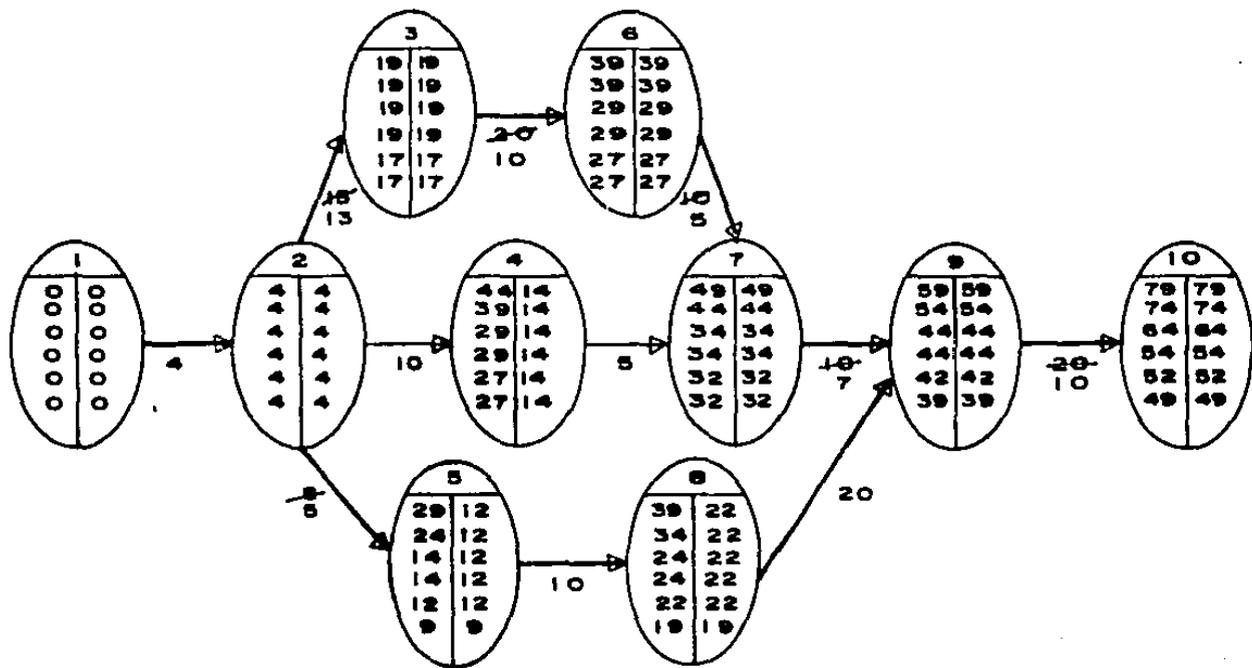
En esta compresión no se afecta la ruta crítica original, pero forma otra en la cadena 1-2-5-8-9-10, como se aprecia en el diagrama siguiente :



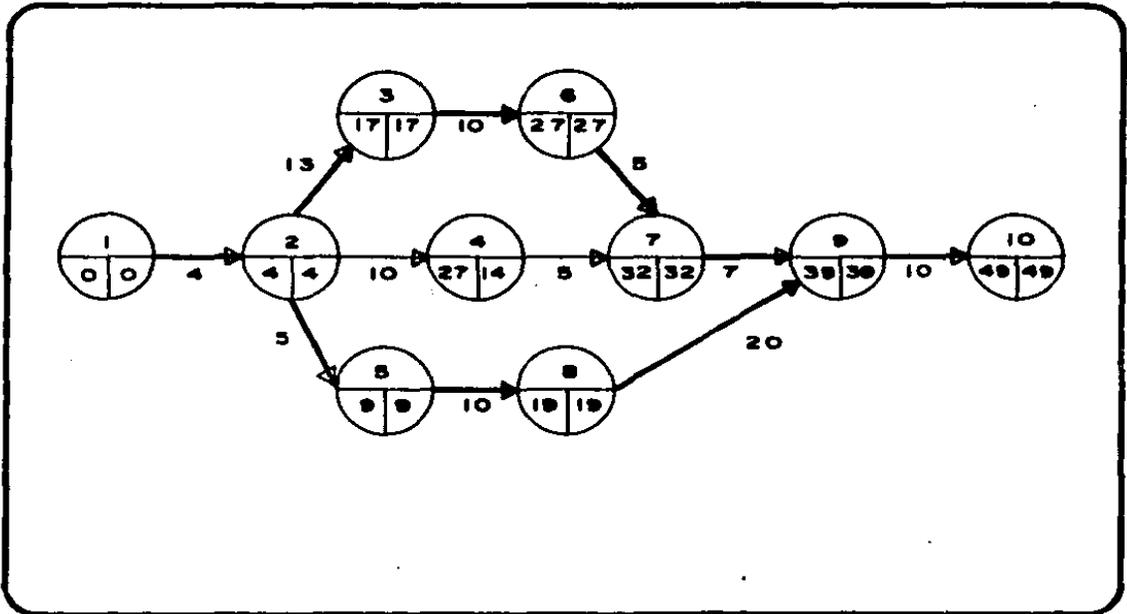
Quinta compresión.

Nos faltan tres días para reducir nuestro proyecto en los 30 días que acordamos con en cliente. La actividad 7 - 9, la podemos comprimir en esos tres días pero como ya tenemos otra ruta crítica, debemos reducir también en tres días alguna actividad de ella para no alterar ninguna de las dos.

Por lo tanto, comprimirémos simultáneamente las actividades 7 - 9 y 2 - 5, en tres días. En esta compresión la actividad 2-5, quedará totalmente comprimida y el diagrama nos quedaría de la siguiente forma :



Por lo tanto, con cinco compresiones llegamos al tiempo que necesitábamos. La compresión de la red se ha terminado, según se ha pedido y el diagrama final que ha quedado es :



ANEXO No. 3

METODO MODI.

Para fines de planeación y programación de la producción, este método se emplea básicamente para resolver los siguientes tipos de problemas :

a) Determinar en qué máquinas debe hacerse cada uno de los productos, cuando cada producto puede hacerse en más de dos máquinas. Con el objetivo de minimizar el tiempo mde operación, si cada producto necesita distintos tiempos en las diferentes máquinas; o para maximizar los beneficios, si cada producto al manufacturarse en distintas máquinas, tiene un margen distinto; o para minimizar costos, si cada producto tiene un costo de fabricación según la máquina en que se procede.

b) Determinar, cuales deben ser las cantidades de cada uno de los artículos, que deben producirse durante un periodo determinado, teniendo en cuenta la capacidad máxima de la fabrica, con el objeto de minimizar los costos de inventarios y de fabricación, pero satisfaciendo la demanda existente.

Los pasos para resolver un problema por el método MODI, son los siguientes :

1.- Definir claramente el problema y el objetivo que se persigue. Indicar qué es lo que se desea optimizar. Recordar que no se obtendrán resultados similares si se desea minimizar los costos o si se desea minimizar el tiempo de operación.

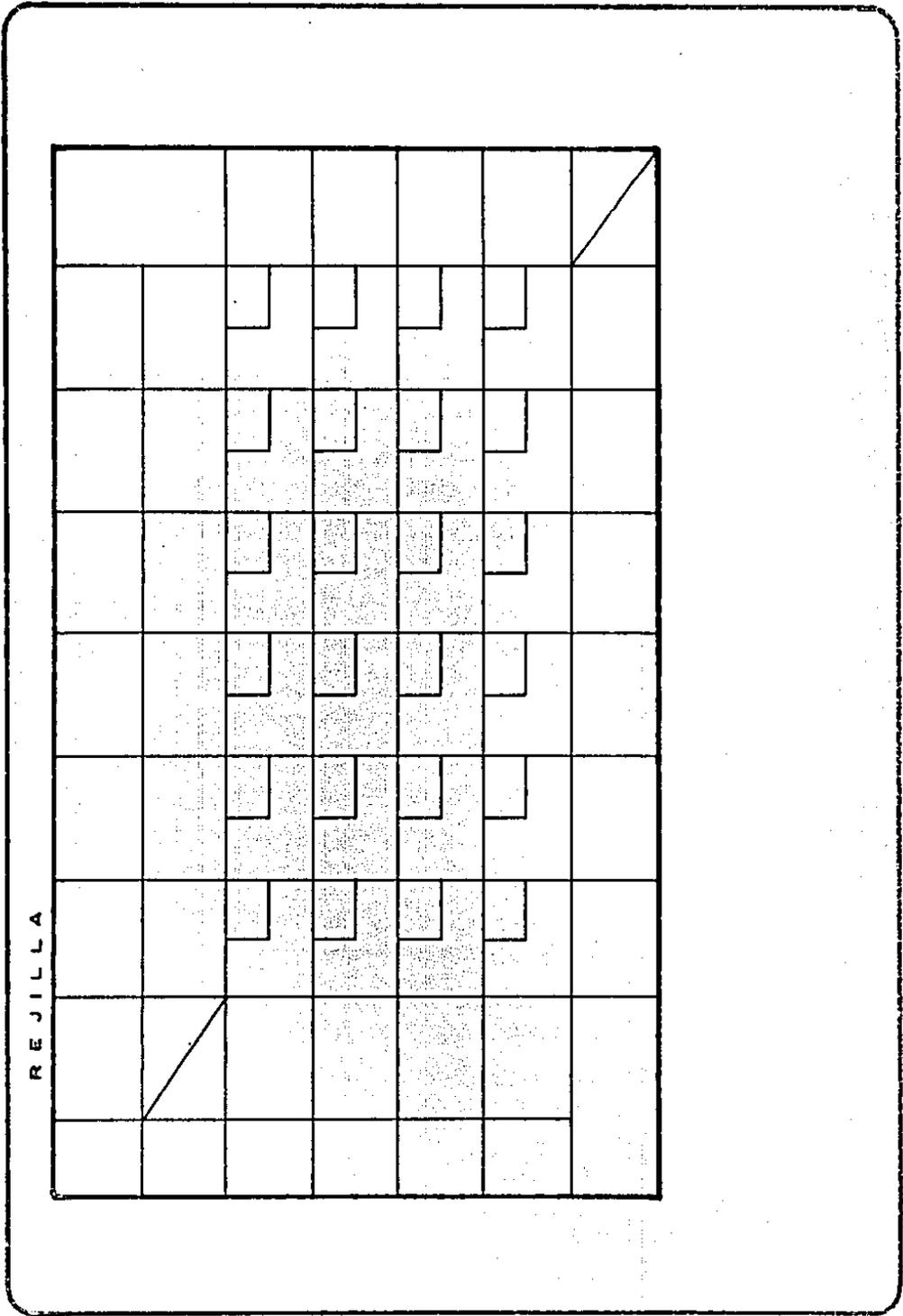
2.- Recolectar toda la información existente. Indicar cuáles son los factores limitantes y las restricciones al problema, los requisitos que debe llenar la solución, las capacidades, costos, tiempos, etc., las alternativas y la interrelación entre los datos.

3.- Expresar numéricamente toda la información, reducida a unidades homogéneas; por ejemplo, pesos/hora de máquinas estandar, horas/pieza estandar, pesos/kilómetro, etc.

4.- Formar un cuadro, llamado matriz, en donde se relacionen todos los datos registrados.

5.- Resolver la matriz utilizando como guía índices, que indiquen cuál es el beneficio o el castigo que se tendra con las distintas soluciones posibles.

6.- Al determinar la solución óptima, es necesario traducir los datos utilizados en la resolución de la matriz, a datos que puedan ser empleados directamente.



Desarrollamos un problema típico de planificación de la producción para aplicar el método MODI :

La compañía M.M., con 4 máquinas similares pero no idénticas, tiene la necesidad de programar la producción de 6 artículos en ese grupo de máquinas, de tal manera que las utilidades sean máximas.

Las limitaciones al problema son :

a) Debido a problemas de herramienta, el artículo "F", puede ser procesado exclusivamente en la máquina II.

b) El artículo "D", por las mismas causas, no puede ser procesado en la máquina IV.

c) La capacidad del taller, está limitada por las horas-máquina disponibles y es imposible programar todas las órdenes en la mejor máquina.

d) El número de artículos pedidos, deberá ser entregado exactamente.

e) Los artículos no podrán ser enviados al cliente después de la fecha de entrega estipulada (esto limita las horas disponibles).

OBJETIVO : Asignar las órdenes A, B, C, D, E Y F a las máquinas I, II, III y IV, de la manera que se obtenga la máxima utilidad.

TABLA 1.

Demanda		Cap. de producción Pzas/hora en máq.				costo \$/pza en maquinas				precio venta
art	# pzas	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
A	200	18	20	10	16	2,50	2,00	4,00	3,00	5,10
B	150	45	50	25	40	1,20	1,00	1,00	1,70	2,00
C	400	9	10	5	8	0,65	0,60	0,70	0,80	1,50
D	600	27	30	15	-	4,00	3,00	4,50	-	6,80
E	420	9	10	5	8	3,00	2,60	3,20	3,40	4,00
F	150	-	75	-	-	-	1,80	-	-	3,00
Efic.rel.		0,9	1,0	0,5	0,8					

NOTA : La eficiencia relativa se calculó :

$$E.R. = \frac{\text{pzás/horas en máquina X}}{\text{pzás/hora en máquina más eficiente}}$$

- La máquina II es la estandar.

- Una unidad estandar es aquella medida numérica o comun denominador, que relaciona los datos del problema en términos de la solución deseada.

TABLA 2.

MAQUINA	Horas Disponibles máximo	Eficiencia % utilizac.	horas Disponob Efectivas	Indice Eficie. Rel.	horas de Ma. Std
I	40	0,95	38,0	0,90	34,20
II	40	0,97	38,8	1,00	38,30
* III	80	0,80	64,0	0,50	32,00
IV	40	0,87	34,8	0,80	27,84
CAPACIDAD TOTAL					132,84

* = 2 TURNOS

Los valores de la última columna, prácticamente significan : (ejemplo de máquina I), que en 38,0 horas efectivas de trabajo, la máquina I produce lo correspondiente a 34,20 hrs. efectivas en la máquina II.

Con los datos obtenidos, podemos calcular los beneficios que se obtendrían en todas las alternativas de producción y además las horas efectivas necesarias para cumplir con la demanda.

TABLA 3.

Ejemplo : Utilidades por hora de maquina estandar.

Formula : [(Precio de venta del articulo - costo de producirlo en la máquina X] [pzas / hora en máq. std.]

nota: Estos datos se obtienen de la tabla No. 1

ART.	MAQ.	UTILIDAD			
A	I	2.60	X	20	= 52.00
	II	3.10	X	20	= 62.00
	III	1.10	X	20	= 22.00
	IV	2.10	X	20	= 42.00
B	I	0.80	X	50	= 40.00
	II	1.00	X	50	= 50.00
	III	0.30	X	50	= 15.00
	IV	0.50	X	50	= 25.00
C	I	0.85	X	10	= 8.50
	II	0.90	X	10	= 9.00
	III	0.80	X	10	= 8.00
	IV	0.70	X	10	= 7.00
D	I	2.80	X	30	= 84.00
	II	3.80	X	30	= 114.00
	III	2.30	X	30	= 69.00
E	I	1.00	X	10	= 10.00
	II	1.40	X	10	= 14.00
	III	0.80	X	10	= 8.00
	IV	0.60	X	10	= 6.00
F	II	1.20	X	75	= 90.00

Se requiere saber en cuantas horas de la máquina estándar se puede producir cada una de las órdenes.

$$\text{Ejemplo : Artículo A} = \frac{\text{No. de pzas.}}{\text{Pzas. / hrs. máq. stdr.}} = \frac{200}{20} = 10 \text{ h.}$$

ART.	Hrs. de máq. stdr.
A	10.00
B	3.00
C	40.00
D	20.00
E	42.00
F	2.00
TOTAL	117.00

Es también necesario determinar cuántas horas se necesitan para producir esos artículos en el resto de las máquinas.

TABLA 5

ART.	No. de Pzas.	HRS/ORDEN			
		MAQ. I	MAQ. II	MAQ. III	MAQ. IV
A	200	11.11	10	20	12.5
B	150	3.33	3	6	3.75
C	400	44.44	40	80	50.0
D	600	22.22	20	40	---
E	420	46.66	42	84	52.0
F	150	---	2	---	---

El siguiente paso es formar la rejilla de la matriz. Como columnas se colocan los artículos y como renglones o líneas, las máquinas. En la primera línea se pone la **máquina ideal** y a continuación y hacia abajo las otras en orden decreciente de beneficio por hora de máquina estandar.

El primer **artículo** que se anota, es el que produce mayor beneficio por hora de máquina estandar, a continuación hacia la derecha se van anotando los otros en orden decreciente según el beneficio que arrojen por hora de máquina estandar.

En caso de que algún producto pueda tan sólo hacerse en una máquina, este producto no se incluye en la rejilla y la capacidad de la máquina en cuestión, se reduce en el tiempo que tome fabricar dicho producto.

Una de las condiciones matemáticas para aplicar este método, es que la demanda debe ser igual a la capacidad. Cuando la capacidad sea superior a la demanda, se puede adicionar un producto ficticio, que para efectos del cálculo posterior se considerará que produce un beneficio de cero pesos por hora de máquina estandar, que es precisamente nuestro caso; pues como se ve en la tabla 4, las horas de máquina estandar para cubrir la demanda son de 117, en cambio, las horas de máquina estandar disponibles son de 132,84 (tabla 2).

Por lo tanto la rejilla para resolver este problema quedará así :

REJILLA (1ª ETAPA)

		D	A	B	E	C	PRODUCTO FICTICIO	Hrs/MAQ. Std. DISPONIBLES
MAQ	COL K LINEA R							
II		114	62	50	14	9	0	36.80
I		84	52	40	10	8.5	0	34.20
IV		X	42	25	6	7	0	27.84
III		69	22	15	8	6	0	32.00
Hrs./MAQ. Std. REQUERIDAS		20	10	3	42	40	15.84	130.84

NOTA: HORAS DE MAQ. STD. REQUERIDAS TABLA 4
 HORAS DE MAQ. STD. DISPONIBLES TABLA 2

S = UTILIDAD POR HORA DE MAQUINA STD. TABLA 3

* = 36.80 - 2 (TABLA 2 Y 4) : 2 HRS. ASIGNADAS A ARTICULOS F.

Después de haber preparado la rejilla, el siguiente paso es la adjudicación o distribución de las horas máquina estandar, para producir un artículo, en las máquinas disponibles. Para ello, es conveniente, debido al método que se utiliza, iniciar la distribución en la casilla superior izquierda y continuar hacia la derecha y hacia abajo hasta saturar, tanto la capacidad de las máquinas como la demanda de los artículos.

De acuerdo con nuestro ejemplo, tenemos que el artículo "D" (orden de 600 piezas) requiere para su producción de 20 horas de máquina estandar, la primera casilla. Al haber llevado a cabo esto, hemos saturado la demanda pero no la capacidad de la máquina II, pues aún nos sobran 16,80 horas de máquina estandar:

A continuación sobre la línea de la máquina II y en la casilla correspondiente al artículo A, asignamos la cantidad máquina estandar requeridas y así sucesivamente hasta agotar la capacidad disponible de la máquina II.

En esta casilla II E, hemos agotado la capacidad de la máquina pero no hemos cumplido con la demanda, por lo tanto, tendremos que continuar hacia abajo sobre la columna E hasta cumplir con la demanda.

Ya que la capacidad es mayor que la demanda, $130,84 > 115,0$, asignamos 15,84 hrs., para fabricar nuestro producto ficticio y así estar dentro de los requerimientos que nos pide el método MODI.

Ahora el programa inicial de producción queda así :

PROGRAMA Nº 1 (2ª ETAPA)

MAQ.	COL K LIN: A R	D	A	B	E	C	PRODUCTO FICTICIO	Hrs / MAQ.
								Std. DISPONIBLES
II		114 (20)	62 (10)	50 (3)	14 (3.8)	9	0	36.80
I		84	52	40	10 (34.2)	8.5	0	34.20
IV		X	42	28	6 (4)	7 (23.84)	0	27.84
III		69	22	15	8 (16.16)	8 (15.84)	0	32.00
Hrs/MAQ. Std. REQUERIDAS		20	10	3	42	40	15.84	130.84 130.84

Después de haber establecido el primer programa, es necesario conocer los beneficios que éste traerá consigo para de esta manera poder comparar con las posteriores soluciones.

TABLA 6. Utilidades que reportaría el programa 1

hrs.Máquina stdr.asignados	Utilidad por hr./máq.stdr.	Utilidad en la casilla
20,00 *	114 =	2.280,00
10,00 *	62 =	620,00
3,00 *	50 =	150,00
3,80 *	14 =	53,00
34,20 *	10 =	342,00
4,00 *	6 =	24,00
23,84 *	7 =	166,88
16,16 *	8 =	129,28
15,84 *	0 =	0,00
		<hr/>
más orden art. F		\$ 3.765,36
		<hr/>
TOTAL		\$ 3.945,36

NOTA : Para evitar cualquier duda veamos la comprobación de que las utilidades calculadas son las correctas, no obstante no usar directamente las cifras de costo y horas de las máquinas no estandar :

UTILIDAD = (16,16)(8) = 129,28 = $\{(16,16)/0,5\}\{(1,50 - 0,70((0,5))\}$
en donde :

8 = $0,8 \cdot 10$ = utilidad/pza en máq III * pzas/hr en máq.strd.

16,16 = hrs.máq.std.asignadas en la casilla

0,5 = índice de eficiencia relativa

(1,50 - 0,70) = utilidad/pza "C" en máq.III (tabla 1)

5 = pzas/hora de art. "C" en máq. III (tabla 1)

Hasta el momento, puede decirse, que exclusivamente hemos planteado el problema. La pregunta sería : Cómo encontraremos la mejor solución al problema ?

Prácticamente con este primer paso matemático, se inicia la aplicación del método MODI de programación lineal.

El primer paso matemático en la resolución del problema, consiste en calcular el valor de cada línea R, columna K y casilla. Arbitrariamente se elige como valor de la primera línea el de cero. La única razón para elegir este valor, es que la experiencia ha demostrado que los cálculos se simplifican, pero pudo haberse elegido cualquier otro número entero o fraccionario.

El procedimiento para determinar los otros valores se basa en el principio de que el valor de la línea y de la columna de las casillas asignadas, debe ser igual al beneficio indicado en ellas. Por ejemplo, la primera línea vale cero y la casilla II D, tiene un valor, debido a la utilidad, de 114, en consecuencia la columna D vale 114; la casilla II A, vale 62, luego la columna vale 62. Estos cálculos se pueden referir a las formulas siguientes :

$$R = 0$$

$$R + K = \text{Utilidad en la casilla con horas asignadas}$$

Esta segunda formula, se utiliza para la determinación de los valores de R y K, como condición ineludible de que los cálculos se harán exclusivamente tomando como base las casillas ocupadas (en nuestro caso, con una asignación de horas).

La aplicación de estas formulas presentan los siguientes resultados :

		D	A	B	E	C	PRODUCTO FICTICIO	Hrs/ MAQ. Std.
MAQ.	R	114	62	50	14	15	7	DISPONIBLES
	K							
II	0	114	62	50	14	9	0	36.80
		(20)	(10)	(3)	(3.8)			
I	-4	84	52	40	10	3.5	0	34.20
					(34.2)			
IV	-6	X	42	25	6		0	27.84
					(4)	(23.84)		
III	-7	69	22	15	8	8	0	32.00
						(16.16)	(15.84)	
Hrs./MAQ. Std. REQUERIDAS		20	10	3	42	40	15.84	130.84
								130.84

NOTA:

II - D $R=0$; $R+K=$ UTILIDAD \therefore $K=$ UTILIDAD - $R=114-0=114$
 II - A $K=62-0=62$
 II - B $K=50-0=50$
 II - E $K=14-0=14$
 I - E $K=14$; $R+K=$ UTILIDAD \therefore $R=$ UTILIDAD - $K=10-14=-4$
 IV - E $R=6-14=-8$

Después de haber determinado los valores de R y K, ya estamos en posibilidad de encontrar posibles mejoras al programa original.

Este segundo paso, se lleva a cabo calculando el valor de las casillas vacías (que no tienen producción asignada) y así ver en cual de ellas, al asignar una cantidad a producir, nos traiga consigo mayores beneficios.

La fórmula utilizada para hacer esta evaluación es la siguiente :

Valor de la casilla vacía = $R + K - \text{utilidad (en la casilla vacía)}$

IMPORTANTE :

a) Si el resultado es (+), no es posible tener una mejora al utilizar esta casilla.

b) Si el resultado es (-), si es posible tener una mejora al utilizar esta casilla.

La mejora puede ser calculada por la diferencia entre la utilidad en el cuadro vacío menos la suma de R + K.

Incremento de utilidad = Utilidad de la casilla vacía - (R + K)

Aplicando lo explicado, la matriz quedaría como sigue :

4ª ETAPA

		D	A	B	E	C	PRODUCTO FICTICIO	Hrs / MAQ.
MAQ.	R \ K	114	62	50	14	15	7	Std. DISPONIBLES.
II	0	14 (20)	62 (10)	50 (3)	14 (3.8)	9	0	36.80
I	-4	64	52	40	10 (34.2)	6.5	0	34.20
IV	-8	 	42	25	6 (4)	(+) 7 (20.84)	-1 0	27.84
III	-7	69	22	15	8 -1 (18.18)	(-) 8 (5.84)	(+) 0	32.00
Hrs./MAQ. Std. REQUERIDAS		20	10	3	42	40	15.84	130.84 130.84

EN ESTA ETAPA, EXISTEN 2 CASILLAS DONDE HAY POSIBLE MEJORA, PARA INICIAR LA SOLUCION DE ESTE PROBLEMA ELEGIMOS ARBITRARIAMENTE LA IV - PRODUCTO FICTICIO.

Después de elegir la casilla que utilizaremos, (en el caso en que se tengan en dos casillas dos valores negativos diferentes, se elegirá la casilla con el valor negativo mayor), se procede a hacer los movimientos indicados con las flechas en la matriz (Etapa 4), de acuerdo con el siguiente razonamiento :

A la casilla vacía seleccionada, se le asigna el signo (-), y a continuación hacia la izquierda a la casilla (con asignación encirculada), se le asigna el signo (+), y así sucesivamente alterando los signos, pero teniendo en cuenta que un movimiento en ángulo recto, sólo puede llevarse a cabo sobre una casilla llena (con producción asignada).

Después de encontrar el patrón del movimiento (único), se llega al final del tercer paso, seleccionando de las cifras encirculadas y con signo (+), la menor de ellas que en nuestro caso es de 15.84.

Entonces se suma esta cifra a las casillas con signo (-) y se resta de las casillas con signo (+). Esto trae consigo, que unas casillas se vacíen y otras se llenen; para no caer en una degeneración del problema, debemos tener en cuenta que el número de casillas llenas (asignadas) en la matriz, deberá ser siempre el número de columnas (m) más el número de líneas (n), menos uno, es decir, $M + N - 1$.

El resultado de este tercer paso es el siguiente :

NOTA :

Se debe tener en cuenta, que al asignar una casilla diferente a las anteriores, variarán ya sea uno o varios valores de R o de K; en nuestro caso, la variación fué en K de la columna del producto ficticio, el cálculo de estas modificaciones es igual a su determinación inicial.

PROGRAMA N° 2

		D	A	B	E	C	PRODUCTO FICTICIO	Hrs/MAQ. Std.
MAQ.	R K	114	62	50	14	15	8	DISPONIBLES
II	0	114	62	50	14	9	0	36.80
I	-4	84	52	40	10	8.5	0	34.20
IV	-8	X	42	25	(+) 6	(-) 7	0	27.84
III	-7	69	22	15	(-) 8	(+) 8	0	32.00
Hrs/MAQ. Std. REQUERIDAS		20	10	3	42	40	15.84	130.84

CON ESTE PROGRAMA YA CONSEGUIMOS UNA MEJORA, PODEMOS VER LAS MODIFICACIONES QUE TRAJÓ CONSIGO, ASÍ COMO EL PATRÓN PARA LA SIGUIENTE:

El incremento de las utilidades para el programa 2, lo calculamos en la misma forma que calculamos las utilidades del programa 1.

TABLA 7.

UTILIDADES, que reportaría el programa No.2

Hrs./máq.std. asignadas		utilidades por Hrs./máq.std.	=	utilidad en la casilla
20.00	*	114.00	=	\$ 2.280.00
10.00	*	62.00	=	620.00
3.00	*	50.00	=	150.00
3.80	*	14.00	=	53.20
34.20	*	10.00	=	342.00
4.00	*	6.00	=	24.00
8.00	*	7.00	=	56.00
15.84	*	0.00	=	0.00
32.00	*	8.00	=	256.00
				<hr/>
				\$ 3.781.20
		más orden art.		180.00
				<hr/>
		TOTAL.....		\$ 3.961.20
		el aumento de las utilidades con respecto al programa No.1 es		
		de \$ 15.84		

El siguiente paso es la elaboración del programa definitivo de acuerdo con el patrón anotado en la matriz del programa No.2.

PROGRAMA N° 3 (DEFINITIVO)

		D	A	B	E	C	PRODUCTO FICTICIO	Hrs./MAQ. Std.
MAQ.	R \ K	114	62	50	14	14	6	DISPONIBLES.
II	0	114 20	62 10	50 3	14 3.8	9	0	36.80
I	-4	84	52	40	10 34.2	8.5	0	34.20
IV	-7	X	42	25	6	7 12	0 15.84	27.84
III	-6	68	22	15	8 4	8 28	0	32.00
Hrs./MAQ. Std. REQUERIDAS		20	10	3	42	40	15.84	130.84 / 130.84

El programa No.3 es el definitivo, debido a que si hacemos la evaluación de las casillas vacias, encontraremos que ya no existe ninguna posible mejora.

Los beneficios que se obtienen con este programa son los siguientes :

TABLA No.8

UTILIDADES, que reportará el programa No.3

Hrs./máq.std. asignadas		Utilidades por Hrs./máq.std.	=	Utilidad en la casilla
20.00	*	114.00	=	\$ 2.280.00
10.00	*	62.00	=	620.00
3.00	*	50.00	=	150.00
3.80	*	14.00	=	53.20
34.20	*	10.00	=	342.00
4.00	*	8.00	=	32.00
12.00	*	7.00	=	84.00
28.00	*	8.00	=	224.00
15.89	*	0.00	=	0.00
				\$ 3.785.20
más orden art. "F"				180.00
UTILIDAD TOTAL.....				\$ 3.965.20
el aumento de utilidades con respecto al programa No.2 es de \$ 4.00				

INTERPRETACION FINAL DEL PROGRAMA

Este ultimo paso, consiste en convertir las unidades estandar a unidades originales y preparar la distribución (programa) de carga de las máquinas.

Esta conversión la encontramos en la siguiente tabla :

ORDEN ART.	MAQUINA	N° DE HORAS STANDARD	INDICE	N° REAL DE HORAS MAQUINA	PZS. POR HORA	N° DE PZS. PROGRAMADAS	N° DE PZS. REQUERIDAS
A	II	10.00	1.00	10.00	20	200	200
B	II	3.00	1.00	3.00	50	150	150
C	III	28.00	0.50	56.00	5	280	400
	IV	12.00	0.80	15.00	8	120	
D	II	20.00	1.00	20.00	30	600	600
E	I	34.20	0.90	38.00	9	342	420
	II	3.80	1.00	3.80	10	38	
	III	4.00	0.50	8.00	5	40	
F	II	2.00	1.00	2.00	75	150	150

TABLA N° 9

CONVERSION Y COMPARACION DEL PROGRAMA CALCULADO CON EL PROBLEMA ORIGINAL

RESUMEN DE LA CARGA
DE LAS MAQUINAS
(EN HORAS)

ORDEN \ MAQUINA	I	II	III	IV
A		10		
B		3		
C			56	15
D		20		
E	38	3.8	8	
F		2		
Total hrs. disponibles	38 38	38.8 38.8	64 64	15 34.8

Todas las máquinas están cargadas en su totalidad, excepto la máquina IV que aún dispone de 19,8 hrs. para otro trabajo (34,8 - 15).

RESUMEN DEL METODO MODI

El método MODI, puede resumirse en los siguientes pasos :

- 1.- Establecer la matriz del problema.
- 2.- Determinar (temporalmente, por lo menos) la solución inicial empezando por la casilla superior izquierda.
- 3.- Establecer los valores de R y K.
 $R = 0$
 $R + K = \text{costo (utilidad) de la casilla llena}$
- 4.- Evaluar las casillas vacías.
 $R + K = \text{utilidad en casilla vacía}$
 Si el resultado es positivo (+) no hay mejora posible
 Si el resultado es negativo (-) si existen mejoras
- 5.- Seleccionar la casilla vacía con el mayor valor negativo.
- 6.- Establecer el patrón de movimiento (moviendo las cifras solamente en forma horizontal y vertical), partiendo de la casilla vacía a la llena y regresando a la vacía inicial.

Los cambios de dirección en ángulo recto, solamente se pueden hacer sobre las casillas llenas; solamente habrá un patrón (camino único) cerrado.
- 7.- Asignar los signos (+) y (-) alternadamente iniciando con el negativo en la casilla seleccionada.
- 8.- Seleccionar la cantidad que va a ser colocada en la casilla vacía tomando para ello el valor mínimo positivo encontrado en el patrón.
- 9.- Coloque esta cifra en la pantalla vacía.
- 10.- Sume esta cifra en las casillas negativas (-) del patrón y réstela de las negativas (-).
- 11.- Repita los pasos del 3 al 10 hasta que se eliminen los valores negativos de las casillas vacías, obteniendo así la optimización del resultado.