



20/1/6

Universidad Nacional Autónoma de México

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**APROVECHAMIENTO DE FIBRAS SECUNDARIAS
RECICLABLES PARA LA PRODUCCION DE
PAPEL DE EMPAQUE Y EMBALAJE**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO
DE INGENIERIA QUIMICA PRESENTA:
MARIA DE JESUS PEREZ BECERRIL**

**DIRECTOR DE LA TESIS
M. C. LUIS CEDENO CAERO**

MEXICO, D. F.

1987



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.

CONTENIDO

| | | |
|----|--|-----|
| | Introducción..... | 1 |
| 1. | La estructura de la madera ... | 3 |
| | Clasificación de la madera. | |
| 2. | Manufactura de pasta para el papel..... | 12 |
| | 2.1 Manufactura de Pulpa Mecánica..... | 13 |
| | 2.2 Al Sulfato..... | 22 |
| | 2.3 Al Sulfito..... | 29 |
| 3. | Descripción del proceso de fabricación..... | 38 |
| | 3.1 Equipos para la preparación de la pasta..... | 39 |
| | 3.2 Sistemas de preparación de la pasta..... | 54 |
| | 3.3 Encolado interno del papel..... | 59 |
| | 3.4 Cargas y rellenos..... | 63 |
| | 3.5 Máquina Fourdrinier..... | 65 |
| | 3.6 Sección de prensas..... | 82 |
| 4. | Perspectivas socioeconómicas de la producción y usos del papel..... | 99 |
| | Conclusiones..... | 110 |
| | Bibliografía..... | 111 |

INTRODUCCION

En el presente trabajo se pretende destacar la necesidad de que la industria mexicana incremente la producción de fibras celulósicas vírgenes y la conveniencia técnica y económica de que se sigan utilizando las fibras secundarias en la producción de papel.

Para lograr esto es preciso conocer los procesos mas importantes, así como las modificaciones necesarias para adaptar la tecnología existente al uso de fibras secundarias en lugar de la celulosa virgen y hacer un estudio del consumo de papel en México. Además de conocer detalladamente la operación de los procesos involucrados.

La producción celulosa y papel, constituye una de las ramas industriales mas importantes de nuestro país; en 1985 la producción de papel alcanzó un volumen cercano a 2.5 millones de toneladas, cifra que representa un aprovechamiento aproximado del -- 80% de la capacidad de producción instalada.

Los papeles para empaque y embalaje constituyen aproximadamente el 50% de la producción anual total, siguiéndole en importancia el papel para escritura e impresión, el papel sanitario, facial y especialidades.

La sustitución de fibras vírgenes se aplica fundamentalmente en la fabricación de papeles para empaque y envoltura, habiéndose logrado buenos resultados, porque la calidad de los papeles no se ha deteriorado; la sustitución se limita cuando los papeles requieren resistencias muy grandes que solo pueden lograrse con fibras celulósicas vírgenes.

Resulta interesante registrar los resultados positivos que se han obtenido en México en materia de uso de papel reciclado.

en la producción de papeles, así como imaginar lo que sucederá - en un futuro si no se realizan a mediano plazo, proyectos para - plantaciones comerciales orientadas a la producción de celulosas con economías de escala, que permitan producir papel a costos -- competitivos internacionalmente y que hubiese necesidad de se- - guir incrementando el uso de material reciclable de papel mejor conocido como desperdicios.

Dadas las perspectivas económicas del país, del avance tecnológico relativo al uso de materiales plásticos como sustituto del papel en algunas aplicaciones, y considerando que el consumo per cápita del papel en México apenas se aproxima a los 30 kg. -- por año, cuando en otros países supera con creces los 250 kg. -- puede resultar interesante investigar las posibilidades técnicas de modificar las mezclas de celulosa virgen y papel reciclable, que actualmente se usan para propiciar una mayor participación - de dichas fibras secundarias.

Para estudiar esta problemática primero se estudia las propiedades de la celulosa, la clasificación de las maderas desde - el punto de vista de la industria de la celulosa y del papel, -- así como de las propiedades de esta.

En el segundo capítulo se analizan los diversos procedimientos que se utilizan para la preparación de la pasta para el papel, así como la descripción de los equipos utilizados en cada - uno de los procesos.

En el capítulo tercero trata básicamente de explicar en que consiste el proceso de fabricación de papel.

Finalmente se estudian las variaciones registradas en los - últimos años en la producción de papel dentro de la industria me- xicana.

1. LA ESTRUCTURA DE LA MADERA

La estructura de la madera es muy compleja. Desde el punto de vista del fabricante de papel es suficiente comprender que macroscópicamente la madera de 0,1 mm de diámetro y de 3 a 5 mm. de longitud, pegadas entre ellas por una sustancia resinosa llamada lignina. Las fibras de madera también son estructuras - - compuestas, siendo cilindros huecos cuyas paredes se componen de varias capas finas, filiformes. Las fibrillas son polímeros de celulosa. Los patrones en los que las fibrillas se distribuyen en las paredes de la fibra, cambian en cada especie de madera.

Las propiedades del papel dependen del color, longitud, diámetro, flexibilidad, resistencia y algunas otras propiedades de las fibras utilizadas, por lo que en este capítulo se da una clasificación de la madera desde el punto de vista de la industria papelera.

Clasificación de las maderas.

Desde el punto de vista de la industria de la celulosa y el papel, las maderas se clasifican en dos grandes grupos: árboles de maderas suaves y árboles de maderas duras. Cabe decir en este punto, que esta clasificación es para distinguir dos grandes grupos botánicos conocidos como gimnospermas o sean aquellas --- plantas que presentan sus semillas desnudas y las angiospermas - las cuales tienen sus semillas en cavidades cerradas y no se refiere la clasificación anterior a las propiedades mecánicas de la madera en sí.

Los troncos de árbol de maderas suaves y de maderas duras - constan de un cilindro de madera que envuelve al filamento de la médula. El cilindro de madera a su vez está cubierto por la corteza.

La madera presenta un rango muy amplio de propiedades. Así por ejemplo, algunos cedros son muy ligeros, alcanzando apenas - una densidad 0.32 g/cm^3 , mientras que maderas como el hickory -- pueden ser tres veces mas pesadas. El hecho de que la madera de diferentes árboles difiera en el peso, no es mas que una indicación de las diferencias que existen en la estructura fibrosa de la madera, ya que en general la composición química de la madera es muy similar en todas las maderas, a excepción de pequeñas cantidades de materiales tales como; resinas, taninos o sustancias almacenadas o secretadas.

El material de que está hecha la pared de las fibras tiene una densidad similar para todos los tipos de maderas.

Antes de dar la descripción detallada de algunos tipos de - maderas conviene explicar: ¿Cómo crece el árbol?, Cuando una semilla de árbol germina debido a las condiciones favorables del - terreno, hecha un brote o tallo hacia arriba, el cual consta de un cilindro de madera que rodea al filamento de médula, mientras

que al mismo tiempo dirige otro brote hacia abajo del terreno, conocido como raíz.

Los árboles que se desarrollan en zonas templadas como -- México y en general en la América del Norte, tienen periodos de crecimiento durante la primavera y el verano, seguidos de un período de descanso, es decir, que el árbol tiene periodos de crecimiento perfectamente definidos, los cuales se ponen de manifiesto por las diferentes capas que se observan al hacer el corte transversal de un tronco de árbol. El número de capas indica la edad del árbol y cada capa recibe el nombre de capa o anillo anual.

La parte central del tronco se llama corazón de la madera y su color es más oscuro que el resto de la madera del tronco.

Las capas de madera que se forman posteriormente a la germinación de la semilla, tienen lugar en la capa de las células vivas o cambium también se la conoce a dicha capa, la cual está localizada entre la madera y la corteza. El cambium incluye la madera del tronco, raíz y ramas que se depositan en su parte interna, mientras que en su parte exterior se deposita una capa de -- corteza.

Durante el tiempo de crecimiento activo del árbol, las células del cambium están hinchadas con la savia y fácilmente pueden llorar bajo la acción de efectos mecánicos.

Cuando el árbol se corta durante el período de crecimiento la corteza se puede eliminar con suma facilidad, debido a las -- condiciones que guardan las células del cambium. El período del año donde se consigue esta condición es durante los meses de marzo a agosto.

¿Cómo se alimenta el árbol?.- El agua y los minerales son --

extraídos del subsuelo y llevados por los tubos de conducción - hasta las hojas, en donde, bajo la influencia de la energía solar, la clorofila absorbe ciertos rayos solares y da origen a - unas fuentes de energía capaces de descomponer el bióxido de -- carbono que hay en la atmósfera en sus dos elementos: oxígeno y carbono. El primero, si es muy fuerte la luz solar es expulsado, y el carbono se combina con el agua de la savia formando hidratos de carbono: azúcares, almidón, celulosa, etc. Mediante la acción de la clorofila, la planta sintetiza las sustancias - orgánicas que le servirán como alimento para su crecimiento, regresando al resto de la planta por las celdillas conductoras -- que están localizadas en el interior de la corteza. En el - - cambium, algunas de las sustancias sintetizadas, se convierten en materiales aptos para nuevas celdillas.

A continuación se presenta un resumen de la composición de la madera.

Composición de la madera.-

| | |
|-----------------------|---|
| Médula: | Filamento central de la madera. |
| Corazón de la madera: | Es la madera que rodea la médula, cuyo color es mas oscuro que todo el resto. |
| Anillos anuales: | Madera de primavera de color claro. Madera de verano de color café rojizo. |
| Cambium: | Capa de células vivas en donde se forman nuevas celdillas para dar origen al nuevo anillo. |
| Corteza: | Parte exterior de la madera que protege al cambium. |
| Rayos: | Ductos radiales por donde se conduce la savia elaborada del cambium hacia la <u>par</u> te interior del tronco. |
| Fibras: | Son las celdillas sin protoplasma que se |

Fibras: Son las celdillas sin protoplasma que se forman en el cambium.

Lámina media o

lamella: Es la sustancia que queda entre una y otra celdilla y que actúa como un cemento natural para pegar las celdillas.

Vasos: Conductos de longitud muy pequeña y diámetro relativamente grande con comparación con las celdillas y que son apropiados para la conducción de la savia.

Maderas utilizadas en la fabricación de pulpas de celulosa:

De coníferas.- Los árboles de la familia de las coníferas que mas se utilizan, son diversas especies de pinos y abetos: el bálsamo, el cedro, el ciprés, etc.

De los árboles de hojas anchas está el abedul, la haya, el álamo, el castaño, el encino, etc.

Las maderas de la misma familia tienen caracteres que le son comunes y propios de cada especie. En muchas ocasiones se pueden distinguir las especies de maderas a simple vista, sin embargo, para una identificación precisa se requiere de aparatos como el microscopio, con el cual se aprecian algunos caracteres propios de la planta.

En el caso de maderas de árboles de hojas anchas, presentan caracteres anatómicos algo diferentes a los de las coníferas. Una de las principales diferencias es la presencia de vasos de sección transversal relativamente grandes que parecen estar especialmente adaptados para la conducción de la "savia", son de 1 mm. de longitud aproximadamente, pero que colocados uno a continuación de otro, como si fueran tramo de tubería, permiten el paso de la savia hacia la parte superior del árbol. Los vasos -

suelen ser grandes, numerosos y dan la apariencia de poros a la sección transversal del tronco.

Para fines de identificación, las maderas de árboles de hojas anchas se dividen en dos grandes grupos:

- 1.- Maderas que contienen poros uniformemente distribuidos, a través de la sección del anillo de crecimiento, sin mucha diferencia en el diámetro. A estas maderas se les conoce como maderas de poros difusos.
- 2.- Maderas en las que se encuentran los poros unos junto a otros en la madera de primavera, con pequeños poros en la madera de verano: A estas maderas se le designa como maderas con anillos de poros.

Algunas propiedades físicas de la madera son:

Peso específico.- El peso específico de la madera tiene bastante importancia en la utilización de las diferentes especies para la fabricación de celulosa. El peso específico de la madera nos indica el peso de la madera contenida en la unidad de volumen a cualquier humedad. La densidad de las coníferas oscila entre 0.31 a 0.55 y la de las maderas duras desde 0.35 hasta 0.55 estando casi siempre los valores arriba de 0.40.

Contenido de humedad.- El contenido de humedad de la madera se determina de la siguiente manera: Se toma un trozo de maderas cuyas dimensiones se conocen y se pesa, luego se mete a una estufa que está a temperatura de 100 a 105°C y después de cierto tiempo se pesa, hasta que ya no acuse pérdida de peso. La diferencia de peso nos da la cantidad de agua contenida en la madera.

Relación entre la densidad de la madera y el crecimiento de los anillos anuales.- Se puede decir que cuando el crecimiento anual es grande, la densidad de la madera es menor y viceversa,

pudiendo decirse en términos generales que a crecimiento lento se obtiene madera mas densa.

Efectos de la humedad en la madera.- La madera tiene dos tipos de humedad que son: la humedad contenida en los ductos capilares de la madera y la humedad absorbida o retenida en la estructura finísima de las paredes de las fibras. El agua libre o capilar se puede eliminar sin ninguna restricción mecánica, mientras que el agua absorbida en la estructura de las fibras, trae consigo un encogimiento de la madera.

Variación de resistencia de la madera con la humedad.- Cuando la humedad de la madera es del orden del 30% o mas (basada en el peso de madera secada a la estufa) no hay ningún - - - cambio en resistencia de ésta, pero a medida que la humedad baja de dicho valor la resistencia de la madera aumenta.

La corteza de la madera tanto de los troncos como la de las ramas debe eliminarse totalmente pues su presencia en la pulpa de madera, y finalmente en el papel, origina puntos o zonas de - baja resistencia.

Composición química de la madera.- En el cuadro siguiente se muestran las principales sustancias químicas que componen a - la madera.

| | | | | |
|--------|---|----------------------|---|--------------|
| Madera | } | Holocelulosa | } | Celulosa |
| | | | | Hemicelulosa |
| | | Lignina | | |
| | | Resinas y grasas | | |
| | | Taninos | | |
| | | Sustancias volátiles | | |

La holocelulosa es la parte insoluble que queda de la madera después de haber retirado toda la lignina, lo cual se logra --tratando la madera con cloro y luego con una solución alcohólica de etanol-amina. La holocelulosa está a su vez formada por celulosa y hemicelulosa.

La celulosa es el componente mas importante de la madera. Es una sustancia fibrosa insoluble en agua y en solventes como --gasolina, aguarrás, acetona, alcohol, etc. La celulosa tiene --una resistencia a la tensión por lo que este material es espe--cialmente apropiado para la manufactura del papel. La celulosa está compuesta fundamentalmente por tres elementos: carbono, hidrógeno y oxígeno, cuya combinación da lugar a las sustancias --llamadas hidratos de carbono, entre las cuales están los dife--rentes tipos de azúcares, el almidón, siendo la celulosa la mo--lécula de los hidratos de carbono mas grande y de mayor comple--jidad. Su estudio químico indica que está formada a partir de moléculas del azúcar, conocido como glucosa. Las moléculas de glucosa se unen unas con otras en gran número, que oscila entre 3,000 y 5,000 para dar lugar a una molécula de celulosa. A esta molécula de celulosa se le llama fibrilla y a la unión de muchas fibrillas se les conoce como fibras.

La hemicelulosa es la parte que después de retirar la lignina se disuelve fácilmente en solución de sosa cáustica diluida.

Lignina.- Después de la celulosa es el segundo componente de la madera mas importante. El contenido de lignina en las coníferas es del orden del 28%, mientras que en las maderas duras es de 24%. La lignina es uno de los principales componentes de la lámina media o lamella que rodea las fibras y que las pega, --como se mencionó con anterioridad.

Resinas y grasas.- Son componentes extraños a la madera. Las resinas son ácidos, los cuales varían en composición, pero son similares a los que se encuentran en la brea.

Las grasas son sustancias que resultan de la unión de la glicerina con ácidos orgánicos como el oleico, o el linoleico. Los ácidos y las grasas que contiene la madera son solubles en éter.

Taninos.- Son sustancias químicas que pueden convertir la piel de los animales en cuero, por lo que se utilizan mucho en la curtiduría.

Sustancias volátiles.- Prácticamente todas las maderas suaves contienen estas sustancias, las cuales se volatilizan con vapor de agua. La sustancia volátil mas importante de la madera es el aguarrás, que se utiliza mucho en las pinturas y en la obtención de otros compuestos orgánicos.

2. MANUFACTURA DE PASTA PARA EL PAPEL

Actualmente se utilizan varios procesos de producción de -- pulpa para separar las fibras de maderas unas de otras. El mas sencillo de ellos consiste literalmente en degarrar las fibras - de forma mecánica presionando la madera contra ruedas de moli- - nos. El producto de esta operación se denomina pulpa mecánica. Un segundo proceso combina un pretratamiento químico diseñado -- para ablandar la lignina seguido de una pulverización para - - - completar la separación total de las fibras. Este producto se - denomina pulpa semiquímica.

Hay otros procesos de producción de pulpa que son de natura leza completamente química. En ambos casos se trata de polimeri zar y solubilizar la lignina cociendo la madera en una solución adecuada. El proceso al sulfito usa una solución reguladora de bisulfito de calcio, $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$.

El segundo proceso químico produce la mas grande cantidad - de pulpa. Este es el proceso de sulfato o proceso kraft y consiste en cocer la madera en una solución básica de hidróxido de sodio, sulfito de sodio y carbonato de sodio.

En el presente capítulo se hace referencia a estos procesos ya que los productos de papel obtenidos de los distintos tipos - de pulpa dependen de la manera como se hizo la pulpa.

2.1 MANUFACTURA DE PULPA MECANICA.

Con objeto de que la madera pueda estar en situación de -- emplearse en los primeros pasos de su conversión en celulosa, es de importancia verificar ciertas operaciones previas que deben -- realizarse con la meticulosidad obtenible con una tecnología ade -- cuada y un equipo adecuado también. Deben considerarse los si -- guientes aspectos:

Transporte.

En nuestro país, el transporte de la madera desde los bos -- ques hasta la fábrica se hace empleando el ferrocarril, los ca -- miones de carga, etc. En algunos lugares el transporte se hace empleando las vías fluviales cercanas al lugar de la fábrica.

Almacenamiento.

Una vez que se tiene la madera en la fábrica se procede a almacenarla. Esto se lleva a cabo empleando diferentes métodos, uno de ellos es acumulando la madera en montones cónicos y otro acomodando los troncos en montones paralelos, cada sistema tie -- ne sus ventajas y desventajas, correspondiendo a cada organiza -- ción determinar el mejor sistema a emplear.

En el patio de madera se localiza estratégicamente un trans -- portador de cadena, debe de hacer acceso a él desde cualquier -- punto del patio por medio del brazo de la grúa que recoge una se -- rie de troncos y los deposita en el mencionado transprotador.

Descortezadora.

El transportador alimenta a una o más descortezadoras de -- las cuales puede haber de los siguientes tipos:

Descortezadora de rodillos.

Descortezadora de cuchillas.

Descortezadora de cadena.

Descortezadora de tambor.

Los tres primeros tipos de descortezadora son de poco uso o bien son empleados para descortezar troncos de tamaño pequeño. La más comúnmente usada es la descortezadora de tambor en la cual los troncos son alimentados por el transportador ya mencionado y por acción del movimiento del tambor, los troncos se friccionan contra las paredes entre sí. Además, hay adición de agua que contribuye al ablandamiento de la corteza. Los troncos desprovistos, de manera que los que tengan diámetro pequeño del orden de 6 pulg. van hacia la planta de pulpa mecánica.

Astilladora.

Es un dispositivo indispensable en toda fábrica que emplea la madera como materia prima para la producción de pasta de celulosa. Es una máquina que tiene por objetivo la reducción del tronco que se alimenta desde el transportador a pedazos pequeños de aproximadamente 1.6 x 2.1 centímetros. Esto se logra -- por la acción de las cuchillas que en juegos de 4, 6, 8 y 10 están montadas en un disco que gira a razón de 300 a 400 rpm. El movimiento se le transmite a este disco por medio de una banda plana o bien por acoplamiento flexible con el motor.

Si se desea, los troncos pueden ser cortados en secciones de longitud uniforme, empleando una sierra accionada por el sistema de movimiento correspondiente. Así mismo, los troncos -- excesivamente gruesos son llevados al seleccionador, que comúnmente es una hacha accionada con vapor o neumáticamente, en la cual el tronco grueso se divide en tres o cuatro secciones, que son fácilmente aceptadas por la astilladora.

Transporte de astillas.

Las astillas caen a la parte inferior de la máquina y de ahí son extraídas por un transportador de banda o por un ventilador al paso siguiente que lo constituye un equipo seleccionador que puede ser:

Seleccionadores rotativos.

Seleccionadores móviles (alimentadores).

Seleccionadores vibratorios.

La astilla aceptada y los nudos reducidos a tamaño adecuado por la acción de un molino de martillos o algún equipo similar, van a almacenarse en silos, cuyo objetivo principal es guardar la astilla suficiente para en caso que se tenga algún desperfecto en el cuarto de preparación de la madera, y la planta no se pare por este motivo.

De los silos de almacenamiento, se extrae la astilla por medio de mecanismos giratorios o bien, de transportadores helicoidales que alimentan en flujo continuo a las bandas transportadoras, que a su vez alimentarán a los digestores, donde por primera vez se pondrá en contacto a la madera con los reactivos químicos especiales como primer paso en la transformación de la madera a pasta de calulosa.

En algunas fábricas, después de los seleccionadores, las astillas caen en un ventilador que las proyecta hacia un lugar de almacenamiento al aire libre. Las astillas son proyectadas de tal forma que caen sobre una mesa giratoria, que se emplea para dosificar un tipo de madera, cuando se emplea combinada para variar también el tipo de celulosa a obtener.

Preparación de fibras anuales.

La preparación de fibras anuales tales como la paja de trigo, de arroz, de centeno, las de bagazo de caña y las del esparto, pueden decirse que principia desde el momento mismo en que son cortadas.

En el caso de las pajas, la preparación principia al ser cortada, sigue la compactación de la paja en máquinas especiales que preparan pacas para que el material sea manipulado fácilmente, transportando y almacenando.

Del lugar de almacenamiento en la fábrica, la paja puede -- ser conducida a un hidrapulper, donde es puesto en contacto con el agua, el exceso de agua es eliminado en un transportador pro visto de falso fondo para que así humidificado sea conducido a la fase de digestión.

La preparación del bagazo de caña principia con el corte de la caña, sigue con la conducción de la misma hasta los patios -- del ingenio, al batey y a los molinos en donde es triturada para extraerle el jugo o guarapo. A su paso por los juegos de masas donde es triturada, las fibras quedan agrupadas en haces de 2 -- cm. de ancho por 5 ó 6 cm. de largo aproximadamente.

Posteriormente el bagazo es transportado, una parte a las -- calderas del ingenio y la otra hacia la empacadora.

MANUFACTURA DE PULPA MECANICA

Los principios técnicos en los que se basa la fabricación de pulpa mecánica son sencillos, aunque en la práctica no lo es tan to. Básicamente consiste en presionar un trozo de madera contra una piedra natural o artificial en presencia de agua. La pre -- sión se ejerce sobre la piedra que gira y se mantiene fría por la acción del agua, que a su vez diluye la fibra producida por fric ción y la mantiene limpia y lubricada.

El proceso de producción de la pasta mecánica se controla -- difícilmente porque la superficie de la piedra cambia en sus características constantemente, así como porque la naturaleza de -- la madera varía de un tronco a otro, desconociéndose por otro la do lo que realmente sucede cuando la madera se transforma en pul pa.

Respecto al costo de producción, es importante el fácil su -- ministro de madera, así como del agua y de la energía eléctrica.

Se usa la pasta mecánica para la fabricación de papel perfo

dico, el cual confiere propiedades de blancura que mejoran la -- impresión. Algunos tipos de madera proporcionan determinadas ca racterísticas a la pulpa. Así por ejemplo, un alto contenido de ácido tánico en la madera confiere cierta oscuridad al papel que se contraresta empleando blanqueadores como el hidrosulfito de - zinc. Algunas maderas con alto contenido de resinas hacen pro-- blemática la operación en la máquina de papel, por lo que se - - emplean en otros procesos de producción de calulosa, por - - - - ejemplo, en el proceso al sulfato. En general, el pino del sur proporciona pasta mecánica de buena calidad así como algunas es-- pecies de eucalipto.

Algunos tipos de pulpa mecánica son los que se enlistan a - continuación.

PULPA MECANICA PRODUCIDA EN MOLINOS:

Para papel periódico.
 Para papeles especiales.
 Para cartones.
 Para papel tapiz.

PASTAS MECANICAS ESPECIALES:

Pastas mecánicas al vapor, donde se calienta teniendo una presión de 60 psig.
 Pastas mecánicas por el proceso al Decker en donde se hierve el licor sulfítico.

OTRAS PASTAS MECANICAS:

Masonite.- Las astillas se calientan usando primero vapor a 500 psig. y luego de 1200 psig., para luego fibrilar.
 Pasta mecánica Chestnut.- A las astillas se les extrae los taninos y se fibrilizan en molinos de rodillos, en refinadores o en ambos.

Para estas pulpas mecánicas hay una gran variedad de aplicaciones, además del empleo clásico como ingrediente en la fabricación del papel periódico.

Las ventajas de la pulpa mecánica son: Costo de Producción bajo en comparación con el de las pulpas químicas. Se debe esto a que el rendimiento del proceso de obtención de pulpa mecánica es aproximadamente el doble y por el uso de la fuerza eléctrica que es mas barata, que el vapor y que los reactivos químicos.

Además, se ha comprobado que su empleo mejora las características de impresión de papel periódico. Cuando se destina a la producción de papel para libro se le somete a un blanqueo con reactivos especiales.

Una desventaja de la pulpa mecánica la constituye la inestabilidad que les confiere a los papeles que la contienen, pues pierden su brillantez y algunas características de resistencia.

EQUIPO EMPLEADO EN LA PRODUCCION DE PULPA MECANICA.

Hay equipo que se emplea en el proceso que se encuentra -- también en las instalaciones que producen otros tipos de pulpa, tal como los refinadores, bombas, aspersores, etc., pero en términos generales se describirá el equipo con el cual la madera -- tiene que ponerse en contacto para su conversión en pulpa. Este equipo lo constituyen los molinos de los cuales hay de los siguientes tipos:

- 1) Molinos de una cabeza manual.
- 2) Molinos dobles con cabezas a presión hidráulica.
- 3) Molinos con alimentación continua a cadena.
- 4) Molino de cabeza doble Great Northerm.
- 5) Molino tipo de anillos.
- 6) Molino Kamyrr.

De estos tipos solo se describirán los mas usados:

1) Molinos de cabeza manual.- Son tipos de molinos que -- pueden tener 2, 3 ó 4 cabezas que se llenan manualmente con troncos de 24, 32 ó 48 pulg. de longitud. Cada molino produce unas 6 a 15 toneladas de pulpa por día, y la masa giratoria tiene una velocidad de 200 a 250 rpm.

La presión se aplica empleando cilindros hidráulicos en cada cabeza.

Colector de pulpa.- Las funciones del colector de pulpa -- son recibirla tan pronto como se produce al desprenderse de la -- piedra, mantener la temperatura y la limpieza de la misma. No -- hay diseño y cada quien emplea su imaginación para darle forma y tamaño, pero deben evitarse las esquinas para no tener espacios muertos donde se acumule la pasta.

La porción sumergida de la piedra varía considerablemente dependiendo principalmente de la consistencia de la pasta. Así, a bajas consistencias, la piedra está muy poco sumergida. Se -- emplea el agua a presión para forzar los troncos contra la pi-- dra.

Molinos de Magazine.- Este tipo de molino tiene mas capa-- cidad y su diseño obedece a la necesidad de disminuir los costos. Requiere menos mano de obra, reciben troncos de mayor tamaño, -- hasta de 52 pulg., de largo y tienen una producción de 25 a 40 -- toneladas por día.

Tienen mayor superficie de molienda (25% a 30%) que los mo-- linos de tres cabezas usando piedras mas grandes, de 62 a 67 -- pulg. de diámetro contra 54 pulg. de diámetro. Requieren menos mano de obra. Se instalan por pares y se accionan por motores -- síncronos de 4000 a 5000 HP girando de 240 a 257 rpm para carga constante.

Se ha investigado lo siguiente al producir pasta mecánica:

- 1.- Respecto a la madera, aquella que tiene un contenido de 40% de humedad, produce mejor pasta mecánica. Cuando disminuye la humedad la pasta es mas pobre.
- 2.- Cuando se usa madera con más de 40% de humedad se tiene: a) mejor operación de la máquina, así como mejor calidad en el papel; b) Menor contenido de sulfito en el papel; c) Menos roturas en la hoja y mejor operación en las rotativas.

El diagrama para la producción de pulpa mecánica es el siguiente. (fig. 2.1)

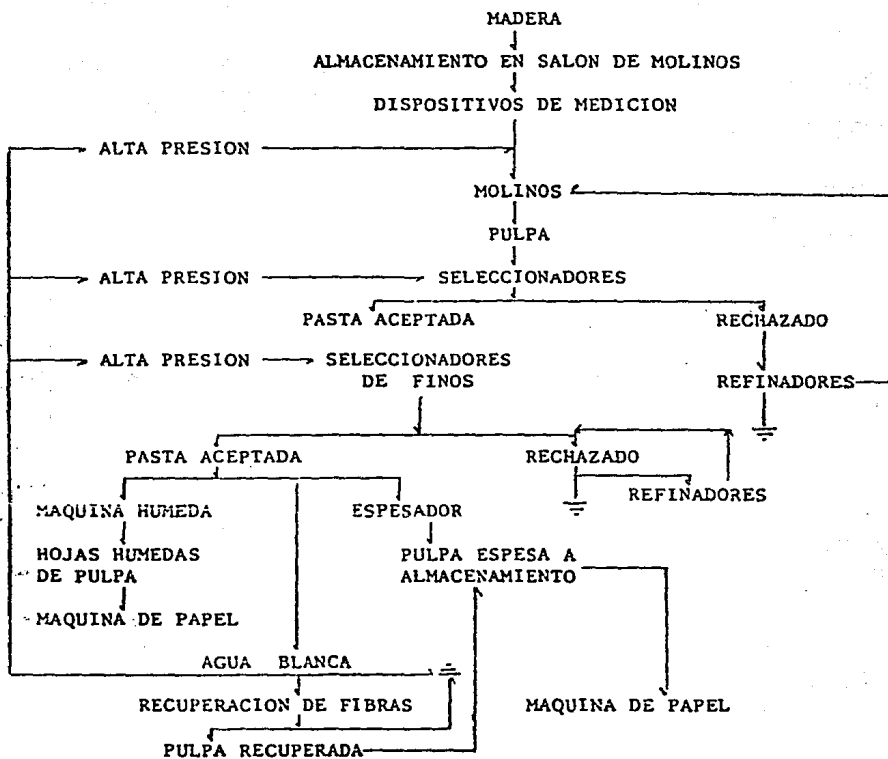


Figura 2.1 Producción de la pulpa mecánica.

2.2 PROCESO AL SULFATO

Preparación de la madera, digestión, lavado.

El nombre "proceso al sulfato" es, quizá, una designación - incorrecta, ya que haría pensar que el proceso real de cocción - mas bien se usa sulfato y no sulfuro. El sulfato de sodio es, no obstante, el producto químico que se repone en el proceso al sulfato, y el sulfuro de sodio es un producto de reducción del sulfato en el horno de recuperación, que es donde se agrega el producto químico de reposición.

En la figura (2.2) se ilustra un diagrama de flujo de la -- parte de preparación de la pulpa, en el cual se muestra el flujo de pulpa y licor, desde la materia prima hasta el producto termi-- nado. El proceso al sulfato se puede resumir en las siguientes etapas:

1. Los troncos se descortezan en los descortezadores y se convierten en astillas en astilladores de varias cuchillas.
2. Estas astillas se llevan, por medio de transportadores, desde los silos de almacenamiento hasta los digestores, a los cuales se alimenta la cantidad máxima de ellas, - por la parte superior del digestor. Al mismo tiempo se agrega el licor de cocción. La relación de astillas y licor se controla cuidadosamente, así como la concentra-- ción del licor y el contenido de humedad.
3. Las astillas de madera se cuecen, durante el tiempo - - prescrito, bajo las condiciones apropiadas de presión y temperatura. El tiempo usual de cocción es de unas 2 a 4 hrs, a una presión aproximada de 100 a 110 lb/plg² -- (7.0 a 7.7 kg/cm²). Al cocerse la madera, destilan el aguarrás y otros constituyentes volátiles, los cuales se condensan para venderse como subproductos.

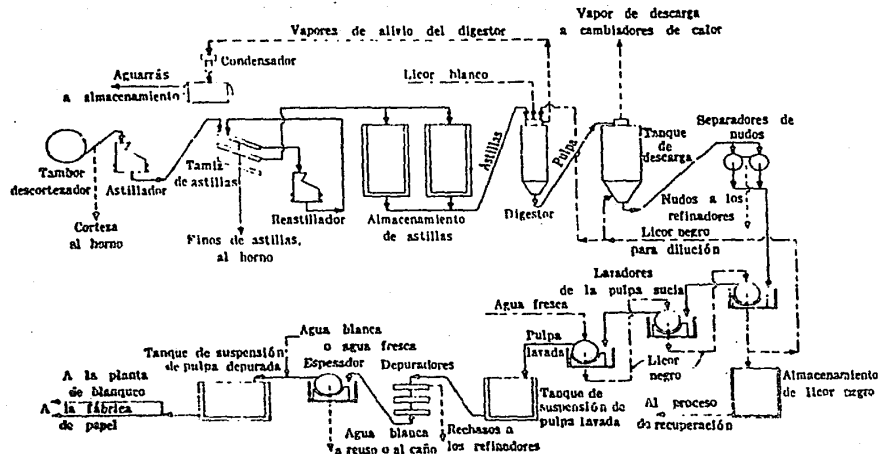


Fig. 2.2 Diagrama de flujo para la obtención de pulpa en suspensión, en una fábrica de pulpa.

4. Al final de la cocción, la pulpa y el licor se "soplan" dentro del tanque de descarga. El vapor a presión en el digestor es el propulsor de esta descarga, y hace -- que el digestor quede limpio, listo para la otra coc- - ción. El vapor de la descarga se utiliza en calentar - agua para uso de la fábrica.
5. En el tanque de descarga quedan la pulpa y el licor negro que contienen los reactivos de cocción gastados, -- así como la lignina y otros sólidos extraídos de la ma- dera. La pulpa y el licor negro se diluyen con licor - negro diluido y se bombean, pasando por los separadores de nudos, a los lavadores de pulpa sucia, en donde el - licor, que contiene el residuo soluble de la cocción, - se separa de la pulpa por lavado
6. La pulpa lavada se depura entonces y se envía a la plan- ta de blanqueo o a la fábrica de papel. Parte del li- cor negro de los lavadores se usa como diluyente para - el licor de cocción y para la suspensión de pulpa su- - cia. El resto se manda a la unidad de recuperación de la fábrica de pulpa, en donde se regeneran los produc- - tos químicos usados en la digestión.

Evaporación, combustión, caustificación.

La recuperación de reactivos es una parte esencial del pro- ceso al sulfato. Si todos los productos químicos gastados por - la cocción se mandaran al drenaje, el costo del proceso sería -- prohibitivo, y la contaminación de las corrientes será tan seve- ra que impediría el empleo de estas aguas en usos agrícolas, in- dustriales o domésticos. La recuperación de reactivos y de ca- - llor del licor gastado al sulfato se puede resumir en las siguien- tes etapas. En la figura (2.3) se muestra un diagrama de flujo.

1. El licor negro de los lavadores de pulpa sucia, que con- tiene un 16% de sólidos, se concentra en evaporadores - de múltiple efecto hasta un 50% de sólidos. Durante la evaporación, se separa un jabón que se vende como sub--

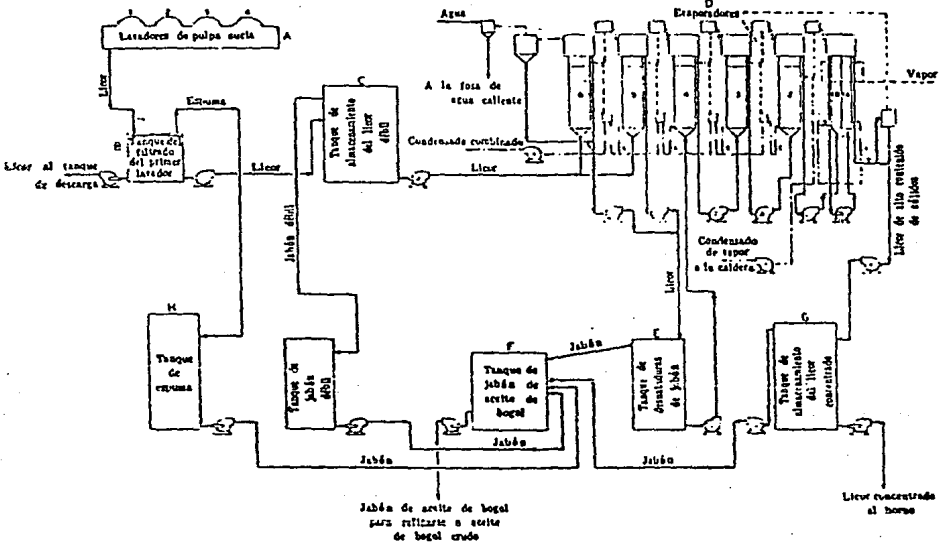
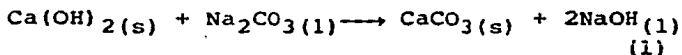
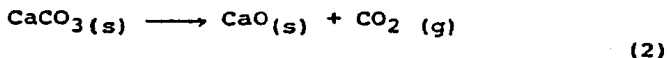


Fig. 2.3 Diagrama de flujo del licor negro al sulfato y procedimiento de recuperación del jabón de aceite de bogal.

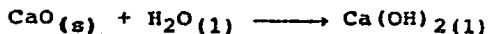
- producto.
2. El licor se concentra todavía mas en un evaporador de contacto directo. El contenido final de sólidos será de 65%, aproximadamente.
 3. El licor espeso se quema entonces en el horno de recuperación. La lignina y otros extractos de la madera - sostienen la combustión, y los reactivos de la cocción forman una masa fundida en el fondo del horno. El sulfato de sodio presente en el licor, y el que se agregó como producto químico de reposición, se reduce a sulfuro de sodio. El calor del horno se utiliza en la producción de vapor sobrecalentado para los tubos generadores de la fábrica de vapor de proceso.
 4. La fusión proveniente del horno de recuperación se disuelve, con lo que se forma el "licor verde". Este -- "licor verde" contiene principalmente sulfuro de sodio, sulfato de sodio y carbonato de sodio.
 5. Entonces se caustifica el licor verde, convirtiéndose el carbonato de sodio de hidróxido de sodio, y el calcio se precipita como carbonato de calcio.



6. El carbonato de calcio formado, se calcina en un gran horno rotatorio para recuperar el calcio:



7. El óxido de calcio formado de acuerdo a la reacción anterior, se apaga con agua de lavado o con licor diluido, para proporcionar el hidróxido de calcio necesario para la caustificación del licor verde, como se muestra en la reacción (1):



(3)

La cal de reposición se agrega, ya sea como cal viva o como carbonato de calcio.

8. El hidróxido de sodio formado en la reacción (1), se envía a los digestores como licor de cocción, complementándose así el ciclo de recuperación. Esta solución de hidróxido de sodio ("licor blanco") contiene también el sulfuro de sodio originado en el horno de recuperación.

Productos químicos y reacciones en la cocción.

El propósito de cocer las astillas es disolver la lignina y otras porciones no celulósicas de la madera, que cementan las fibras entre sí. Con lo anterior quedará una pulpa de fibras individuales, que pueden volver a reunirse en una hoja de papel. El grado de eliminación de lignina depende del uso final de la pul-

Al comenzar el ciclo de la digestión, el digestor se llena con astillas y licor de cocción. El licor de cocción del proceso al sulfato consiste de hidróxido de sodio y una cierta cantidad de sulfuro de sodio. Las calidades corrientes del papel requieren menos productos químicos por cocción que las calidades más finas. Las cantidades de sulfuro de sodio usado, varían de fábrica a fábrica. En el licor de cocción también hay carbonato de sodio y pequeñas cantidades de sulfato y de sulfito de sodio.

El sulfuro de sodio se hidroliza en agua para formar hidróxido de sodio y sulfhidrato de sodio:



Esta reacción es reversible, y existe un equilibrio entre los cuatro constituyentes. Se puede observar que el sulfuro de sodio agregado al licor aumenta el hidróxido de sodio disponible. A medida que el hidróxido de sodio original se consume durante la cocción, la reacción anterior se desplaza hacia la derecha para mantener el equilibrio. El sulfuro de sodio aumenta la rapidez de separación de la lignina, probablemente porque la reacción del

sulfuro ácido de sodio con la lignina introduce el grupo $-SNa$, - que tiende a hacer mas soluble a la lignina.

Cuando el digestor se ha llenado con astillas y se ha agregado la cantidad apropiada de licor de cocción, se admite vapor al digestor y se aumenta la presión hasta alcanzar la temperatura de cocción. Durante esta etapa inicial de la cocción tienen lugar varios procesos: se elimina aire del digestor por desplazamiento con vapor; el licor penetra en las astillas; los compuestos volátiles de la madera, como el aguarrás, comienzan a desprenderse por destilación; y los constituyentes sólidos mas solubles de la madera empiezan a disolverse. Conforme la presión y la temperatura continúan aumentando, el desplazamiento de gases no condensables comienza a disminuir gradualmente y la lignina se disuelve con rapidez. A esta temperatura alta, la celulosa sería atacada severamente por el hidróxido de sodio; en este punto se ha gastado el suficiente licor para que la concentración de hidróxido de sodio sea tan baja que la celulosa no se consume. Este ataque a la celulosa es retardado por la acción reguladora del complejo sodio-lignina y por la acción reductora del sulfuro de sodio. Es importante que todos los gases no condensables y el aire sean expulsados del digestor durante la cocción, puesto que en caso contrario, la temperatura sería menor que la del vapor a esa presión, y resultaría una cocción cruda.

2.3 PROCESO AL SULFITO

Proceso al sulfito normal o base de calcio.

Este proceso consiste de dos etapas, una que es la que corresponde a la fabricación de pulpa y otra que es la fabricación de licor cocinado.

Es el proceso representativo de los procesos ácidos de obtención de pulpa.

FABRICACION DE PULPA

Digestores

Estos equipos son exactamente iguales a los del proceso al sulfato en su parte básica, sólo que por regla general son mas grandes, ya que como el ciclo de cocinado es de mayor tiempo, se trata de obtener un mayor rendimiento por digestor.

Es peculiar que estos digestores esten siempre interiormente recubiertos, ya sea con forros de tabique antiácido, o bien, con chapa de acero inoxidable; en la actualidad este último sistema ha desplazado casi totalmente al primero.

La Digestión se efectúa por la acción del licor de bisulfito de calcio sobre las en un exceso de ácido sulfuroso (H_2SO_3), este exceso tiene por objeto, entre otras cosas, mantener en solución al ion calcio. Por lo tanto, los constituyes en el licor de cocinado son los iones Ca^{2+} , H^+ , HSO_3^- .

Durante el curso de la reacción de digestión, la acción de estos elementos dependerá de las condiciones de presión y temperatura, y así, la lignina, uno de los principales componentes de la madera, reaccionará, con el anhídrido sulfuroso o ion bisulfito, disolviendo. Las hemicelulosas menos resistentes se hidrolizaron formando compuestos mas simples y una porción de la celulosa se degradará.

La digestión, como en el caso del proceso al sulfato, se -- efectúa en dos etapas: una de penetración y otra de digestión; - el tiempo de duración de cada una de ellas dependerá del tipo de madera usado, de la fuerza de concentración del licor, de la relación de baño y de la presión y temperatura a que se efectúen, así como de tratamientos previos tales como de aereación e - - - impregnación hidrostática.

Es usual para facilitar la etapa de penetración, eliminar - el aire tanto del digestor como el que va ocluido en las asti- - llas, esto se puede conseguir alimentando vapor después de haber cargado con astillas el digestor y haberlo tapado, a manera de - levantar dentro del digestor una ligera presión (de 5 a 10 lb/ - pulg²), logrado esto, se abre una válvula de alivio a la atmósfe- ra para expulsar el aire, operación que se efectúa al mismo - - tiempo de cargar el licor de cocinado.

La impregnación hidrostática se logra llenando el digestor con licor hasta que se levante la presión hidráulica.

Hechas estas operaciones, el digestor estará en condiciones de recibir la inyección de vapor necesaria para subir la presión y temperatura. La presión se eleva tan rápidamente como sea posible, pero la temperatura al inicio del proceso se sube lenta- - mente. Esto es posible debido al gran exceso de anhídrido sulfu- roso, que es un gas en el licor. Entonces para subir la tempera- tura será necesario aliviar cuidadosamente este gas, teniendo la precaución de que la temperatura no suba a más de 110°C rápida- - mente que no se de tiempo al licor de penetrar completamente en las astillas. Si esto llegara a suceder, el anhídrido sulfuroso que penetra más rápidamente que la base (ion calcio), reaccionará con la lignina, formando un lignosulfato insoluble de color - obscuro, que produce lo que se llama un cocinado obscuro o asti- llas quemadas.

Por esta razón, el tiempo de penetración, o sea, el tiempo de penetración, o sea, el tiempo que se necesita para no pasar -

de la temperatura crítica, es de aproximadamente de 1 a 2 hr, - después de este tiempo se sigue subiendo la temperatura lentamente, efectuando para ellos los alivios de gas que fuesen necesarios, hasta alcanzar la temperatura de digestión que varía de 130 a 140°C; esta temperatura varía de 1 a 2 hr, la temperatura de digestión varía de 2 a 3 hr. o más.

La terminación del ciclo se da generalmente por la experiencia de los operadores, auxiliados de análisis del licor, comparación colorimétrica del licor residual y muestras de las pulpas sacadas en muestreadores especiales directamente del digestor. - Una vez determinado este punto y por razones de economía del -- proceso, es necesario bajar la presión para recuperar al máximo el gas de anhídrido sulfuroso, que nos fortalecerá el licor de cocinado que usaremos en digestores posteriores como se explicará más adelante. La presión se bajará a presión atmosférica o de 20 a 30 lb/pulg² y se descarga a un tanque que puede ser similar al usado en el proceso al sulfato (o kraft), o bien, simplemente a un tanque de fondo falso, en donde, si este fuera el caso, se efectúa el lavado, de no ser así, los procesos subsecuentes serán exactamente iguales a los efectuados en kraft. Es decir, del tanque de descarga, la pulpa obtenida como se indico antes, se somete a una depuración gruesa, a un proceso de lavado y a una depuración fina.

Fabricación de licor.

Se hace en dos etapas: fabricación y fortalecimiento. Los ingredientes empleados en la fabricación del licor son en este caso azufre y piedra caliza (carbonato de calcio).

La fabricación se efectúa en un sistema de combustión de - azufre para producir anhídrido sulfuroso y un sistema de absorción, para hacer reaccionar y absorber el anhídrido sulfuroso en presencia de carbonato de calcio.

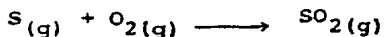
Combustión.

El sistema de combustión consiste de un horno, que puede --

ser rotativo o estacionario, donde se quema azufre fundido, el azufre se funde en un tanque provisto de un serpentín de vapor que está generalmente colocado arriba del horno para aprovechar el calor de radiación producido en el mismo.

Este horno tiene una compuerta para regular la entrada de aire primario necesario para la combustión. El gas producido en el horno pasa a una cámara de combustión que es un tanque de lámina de hierro forrado con tabique refractario que en su parte media tiene una pared o mampara que orientará el paso de los gases; en esta cámara hay otra compuerta por donde se alimenta el aire necesario para completar la combustión, aire secundario.

La reacción que tienen lugar en la combustión es la siguiente:



El azufre reaccionará con el oxígeno del aire, formando anhídrido sulfuroso; esta combustión tiene lugar con un exceso de aire y se obtienen gases de combustión con 17-18% de anhídrido sulfuroso (SO_2), teóricamente puede obtenerse 21% de SO_2 .

El gas producido de esta forma se somete a un proceso de enfriamiento en un enfriador de dos tipos, uno sumergido en agua de tubos horizontales y otro de tubos verticales, en donde el enfriamiento es por contacto de una película de agua fría con las paredes de los tubos. Las dos secciones del enfriador son de tubos de plomo endurecido con antimonio.

El gas producido en esta forma se somete a un proceso de enfriamiento en donde la temperatura del gas se baja de aproximadamente 1000° a $20-30^\circ\text{C}$, temperatura que favorece el siguiente paso de la producción de licor que es la absorción y reacción del anhídrido sulfuroso.

Absorción.

El sistema de absorción consiste en dos o tres torres empacadas con piedra caliza, que indistintamente pueden trabajar como torre débil o torre fuerte según se necesite.

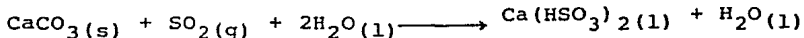
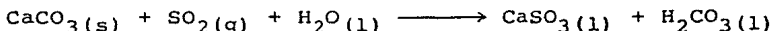
Estas torres son unos grandes cilindros de lámina de hierro o de concretos forrados interiormente con material antiácido, - por ejemplo, losetas. Aproximadamente a un cuarto de su altura se tiene una parrilla de madera de encino para soportar la piedra caliza y permitir el paso de los gases. El empaque de piedra caliza es a granel; esto hace que los gases que se alimentan a la torre por la parte inferior, pasen en todas direcciones al ponerse en contacto, por la tendencia natural de todos los gases a ocupar todo el volumen del recipiente que los contiene. El licor y el agua son alimentados a las torres por bombeo, a través de unas regaderas colocadas en la parte superior.

Al gas proveniente del enfriador se le llama gas fuerte y se alimenta a la torre fuerte por medio de un ventilador también hecho de material de plomo, donde reacciona con el licor proveniente de la torre débil y la piedra caliza que está dentro de la torre. El gas que no alcanzó a reaccionar sale por la parte superior de la torre, regresando por la presión provocada por el ventilador, por una tubería de plomo, al fondo de la torre débil, en donde reacciona con el agua y la piedra caliza que está dentro de la torre.

Como se menciono anteriormente que las torres pueden trabajar indistintamente como fuerte o como débil, esto se logra por medio de unas válvulas de cuatro vías que orientan el paso o dirección del gas. Las compuertas de estas válvulas siempre deben de estar hacia el mismo sentido.

El agua, la lejía débil y la lejía fuerte, se distribuye a las bombas y al sistema de asentamiento del licor por medio de una válvula de seis vías. Esta válvula también puede cambiar de orientación a los líquidos que pasan por ella a voluntad.

Las reacciones químicas que se efectúan en el sistema de -- absorción son las siguientes:



Expresando esto en palabras, se dice: el carbonato de calcio, o sea, la piedra caliza, reacciona con una solución de -- anhídrido sulfuroso, llamada también ácido sulfuroso, formando un compuesto insoluble llamado sulfito de calcio y ácido carbónico. Ese compuesto insoluble reacciona con un exceso de anhídrido sulfuroso y forma un compuesto soluble llamado bisulfito de calcio; estas reacciones se llevan a cabo casi instantáneamente.

A la porción de anhídrido sulfuroso combinado con el calcio se le llama SO_2 combinado, y al exceso de anhídrido sulfuroso presente como ácido sulfuroso se le llama SO_2 libre, a la suma de los dos, SO_2 total. Esta es la forma en que se reportan los análisis de control de licor. Generalmente, el SO_2 libre - en relación con el SO_2 combinado, es de 1.5 veces mas en el licor obtenido en la planta de fabricación de ácido.

Fortalecimiento del licor.

El licor obtenido en la forma explicada antes, se pasa por un tanque de sedimentación para eliminar impurezas tales como los dos, arena, etc. Este tanque puede ser de madera, lámina o concreto, si se trata de los dos últimos materiales, habría que poner un revestimiento de material antiácido, la forma del tanque es cilíndrica y en su interior con el objeto de dar mayor tiempo de retención y, por lo tanto, tener mayor oportunidad de eliminar impurezas, tiene una pared en forma de caracol.

Este licor clarificado se almacena en un tanque cilíndrico, de donde se bombea a otros recipientes que le llaman acumulador.

res y que trabajan a presión.

Antes de explicar el diseño de operación de estos últimos - equipos, es necesario hacer un paréntesis para recordar que durante el proceso de cocinado, se efectúan frecuentes alivios de presión del digestor, alivios gaseosos en su mayor parte, formados por anhídrido sulfuroso, Este gas los vamos a absorber en licor, por el sistema a contracorriente.

Esta absorción se lleva a cabo en los acumuladores llamados educutores, los cuales trabajan como una trompa de vacío, es decir, que a base de hacer pasar una gran cantidad de líquido a través de un tubo venturi, de tal manera que la velocidad del líquido sea lo suficientemente alta para que la presión hidrostática en ese lugar baje a tal grado que actúe como una bomba de vacío, el gas se mezcla con el líquido íntimamente por medio de una esprea.

Entonces, proveniente del digestor, el gas mas rico en SO_2 se pasa por el educutor y se pone en contacto con el licor proveniente del acumulador de baja presión y la mezcla extra el fondo del acumulador de alta presión; este licor es ya nuestro licor de cocinado. La presión en este acumulador se mantiene por medio de válvula automática, la cual alivia cuando la presión en el recipiente se excede, ese gas aliviado va al acumulador de baja presión y se pone en contacto con el licor del tanque de almacenamiento, en el educutor, fortaleciéndolo.

Se llama fortalecimiento del licor al aumento de concentración de SO_2 libre en el mismo.

Subproductos.

El principal subproducto de este proceso es el licor residual de la digestión y de el aumentando su concentración en un evaporador se puede obtener alcohol etílico y metílico por fermentación. Por tratamiento con sosa a presión se puede producir

vainillina pura, o sea, la vainilla sintética. Aprovechando sus propiedades coloidales, se pueden obtener emulsiones insecticidas o para asfaltos de caminos y detergentes para la industria textil. También tiene propiedades adhesivas, lo cual permite la fabricación de linóleum. También se usa en la fabricación de jabón.

La figura 2.4 muestra el diagrama del proceso.

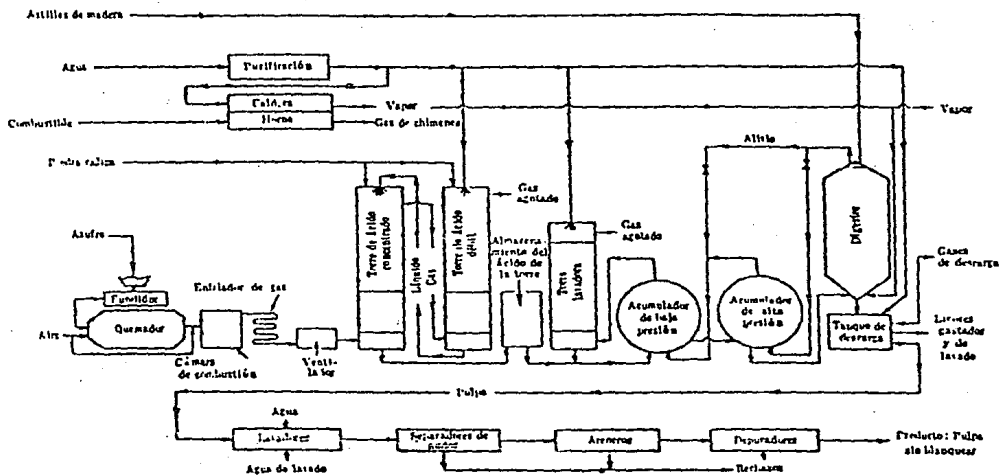


Fig. 2.4 Diagrama de flujo simplificado del proceso de obtención de pulpa al sulfito con base de calcio.

3. DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION

En este capítulo se describe el proceso de fabricación de papel, que consiste básicamente en someter las fibras a la acción de un esfuerzo cortante mecánico que destruye parcialmente la estructura fibrosa. Esto permite que el agua penetre en las fibras, lo que origina un ablandamiento de la fibra y la liberación o separación de algunas de las fibrillas de la superficie de la fibra. Cuando las fibras de estas condiciones se extienden como hojas, las fibras se entrelazan entre sí. Esta multiplicidad de entrecruzamientos y enlaces físicos trae como resultado que las fibras se sostengan entre sí con la suficiente fuerza para satisfacer las necesidades estructurales de la aplicación particular a la que se destina el papel.

Además de proporcionar el requisito de resistencia para ciertos productos de papel, es también usual que se deseé algún grado de resistencia al agua. Esto se logra con una operación denominada encolado, que consiste en adicionar al papel materiales repelentes del agua antes o después de que las láminas se han formado.

El proceso de la fabricación de papel consiste esencialmente en dos partes: preparación de la pulpa, seguida por la formación y el secado de las láminas.

3.1 PREPARACION DE LA PASTA

La preparación de la pasta se puede definir como la parte del proceso de fabricación de pulpa y papel en la cual la pulpa se trata mecánicamente y, en algunos casos, químicamente, mediante el uso de aditivos y así queda lista para formar una hoja en la máquina de papel. La pasta, como comúnmente se le llama al material fibroso, se prepara por medio de dos procesos principales conocidos por lo general como batido y refinación.

El batido y la refinación se realizan para mezclar o incorporar los diferentes materiales de la fabricación del papel e impartirles propiedades tales que puedan formar una hoja de papel o cartón que tenga las características deseadas. En donde las grandes producciones y los bajos costos son factores determinantes, los modernos desarrollos en la preparación de la pasta han confundido la diferencia precisa que antes había entre batido y refinación, aunque el uso de ambos términos persiste indistintamente.

Pilas de Batido.

Desde el punto de vista de la fabricación del papel, las propiedades importantes de una pulpa son: (1) la morfología de la fibra; (2) la cantidad u distribución de los constituyentes químicos de las fibras de la pulpa; y (3) la forma, tamaño, distribución y características físicas de las fibras de la pulpa. Las dos primeras propiedades dependen de la materia prima utilizada para obtener la pulpa, así como el tipo de proceso de digestión. La tercera propiedad, referente a las características físicas de las fibras de la pulpa, también depende de estos factores, pero queda determinada ulteriormente por medio del proceso de preparación o tratamiento de la fibra.

El batido es probablemente el proceso fundamental mas importante en la fabricación de papel. El papel hecho a partir de pasta sin batir es bajo en resistencia, con pelusa, poroso e inapropiado para la mayoría de los usos, en tanto que el papel he--

cho a partir de pasta batida es resistente, denso y de textura rígida. Las fibras bien batidas pueden formar fácilmente una hoja uniforme de papel, de densidad bastante alta, cosa que no sucede con las fibras sin batir.

Los principales efectos del batido son físicos, y entre los más importantes están los siguientes: fractura y separación parcial de la pared primaria de la fibra, disminución en la longitud de la fibra, aumento en la flexibilidad, formación de fibrillas (fibrilación), y aumento en la superficie específica externa de la fibra. Para algunos papeles la pasta debe estar bien batida con objeto de producir un papel rígido. Para otros papeles las fibras deben estar bien fibriladas, y con la mayoría de las pulpas también deben estar acortadas para lograr una formación uniforme y cerrada. En otros casos, no obstante, algunas veces es necesario reducir la cantidad de batido y sacrificar, algunas cualidades para mantener fibras largas y flexibles. La facilidad de batido también es con frecuencia una consideración importante. De esta manera, para algunos tipos de papel en los que la pulpa utilizada debe ser considerablemente dura de batir y --mas lenta en el desarrollo de sus propiedades, con objeto de poder obtener las características deseadas.

La efectividad de la pila depende de varios factores, muchos de los cuales no están bien comprendidos a pesar del gran número de años que esta máquina lleva en uso. Es un hecho conocido que la cantidad de batido está directamente relacionada con la cantidad de trabajo efectuado sobre las fibras. La energía que es --absorbida por la pasta durante el batido aparece parcialmente en forma de calor sensible, pero de acuerdo con Strachan, una parte de la energía es absorbida por la celulosa durante la fibrilación y se manifiesta como un aumento en las cargas eléctricas superficiales de las fibras batidas. La energía requerida en el batido convencional, por lo general está comprendida entre 200 y 1000 kw-hr por tonelada de papel acabado, pero una porción considerable de esta energía se desperdicia de diversas maneras en --

circular la pulpa por el interior de la pila. Normalmente las pilas están equipadas con juegos de cuchillas metálicas, tanto en el rodillo como en la platina, variando la dureza del metal de acuerdo con las necesidades de cada caso en particular. Cuando por ejemplo, se desea un alto grado de batido húmedo, el rodillo de la pila debe estar equipado con barras de bronce fosfórico y la platina puede estar hecha con lava basáltica.

Pulpeadores.

El pulpeo se ha definido como el proceso que consiste en resuspender en agua la pulpa seca. En general, en el pulpeo no se busca el desarrollo de propiedades específicas de la fibra; el pulpeo simplemente abre el material antes de sujetarlo a tratamientos posteriores, aunque de algunos tipos de equipo de pulpeo recientemente desarrollados se dice que efectúan una separación completa de las fibras, y en ciertos casos en efecto se obtiene. La pulpa puede estar en forma de hojas secas, de paquetes, a granel (prensada a 35% de sólidos, base seca al aire y desmenuzada), como "merma" húmeda o seca (ésta última denominación la recibe el papel inservible del extremo seco de la máquina de papel), o en forma de papel desperdicio.

Las fábricas que trabajan a base de papel desperdicio han utilizado por muchos años una pila especial conocida como pila - - rompedora, la cual, en efecto, no es una pila en el sentido estricto de la palabra, sino una máquina de pulpeo que tiene forma de pila y provista con un rodillo que abre el material que se va a desfibrar; de esta máquina la pulpa se extrae a través de una placa perforada que sustituye a la platina de las pilas ordinarias. Mas recientemente, se han desarrollado las máquinas llamadas precisamente pulpeadores; estas trabajan de manera intermitente o continua y suplantán a la pila rompedora para romper y desfibrar la merma, el papel de desperdicio o la pulpa en paquetes, con el mismo daño o corte de las fibras. Así, los pulpeadores realizan de una manera mucho mas eficiente la operación de pulpeo originalmente llevada a cabo en la pila holandesa.

Refinadores.

En los últimos años se han desarrollado muchas nuevas máquinas refinadoras, los refinadores de discos, los "kollergangs", - los molinos de bolas, los molinos de cilindros, los molinos de - impacto, se encuentran entre los diferentes equipos disponibles. Estos refinadores han tomado muchas formas generales, con varias y muy distintas configuraciones en sus elementos de trabajo.

El "jordan" consiste en un rotor cónico, o cono, equipado - con barras metálicas a todo su largo, el cual gira en el inte- - rior de una carcasa cónica, provista también de barras alrededor de toda su superficie interior. La suspensión fibrosa entra por el extremo pequeño, pasa por el extremo grande. De esta manera, las fibras fluyen paralelas a las barras del cono y de la carcasa, lo cual es diferente del flujo en la pila en donde la co- -- rriente de pasta es perpendicular a la disposición de las barras.

En el "jordan", parte de la potencia se usa para bombear la suspensión. Esto se debe a la forma cónica del equipo. La ma-- yor parte del resto de la potencia aparece como calor sensible - en la suspensión fibrosa, el cual es probablemente el resultado de la alta turbulencia y fricción del fluido que se producen en la máquina. Las variables importantes de operación en el "jor- dan" con el consumo de energía, o energía alimentada, la consis- tencia, la presión hidráulica aplicada por medio de una bomba - centrífuga de pasta de pasta, y el volumen que pasa por el equi- po, o producción del refinador.

Por regla general, el "jordan" se usa primordialmente para cortar las fibras, pero también puede usarse, por así decirlo, - para efectuar un batido considerable, si las barras del rotor y de la carcasa son anchas, alta la consistencia de la pasta, y - elevada la velocidad rotacional.

Refinadores de alta velocidad. Inicialmente se esperaba -- que estos refinadores reemplazarían a la pila y al "jordan" pro-

porcionando una combinación de acciones de batido y de corte en un solo equipo.

Estos refinadores operan a alta velocidad con una baja o mediana potencia aplicada. Uno de estos refinadores puede tomar el lugar de dos a cinco pilas. Se usan en todos los tipos de fábricas, de baja o alta producción, y también, se han utilizado en el batido de pastas de trapo para papeles de alta calidad con contenido de trapo, en las que se afirma que estos refinadores producen pulpas de "frenness" mas altos y longitud de fibra mayor que la pasta ordinaria tratada en pila. Pueden ser usados con efectividad para refinar hasta el máximo desarrollo de resistencia al rasgado. Para el desarrollo de las resistencias a la explosión y a la tensión mas allá de ese punto, los "jordans" -- son mas eficientes en términos de la potencia requerida por unidad de desarrollo de resistencia. Sin embargo, generalmente se acepta que el aumento en desarrollo de resistencia así obtenido a base de "jordans", se obtiene por corte permitiendo de este modo a la hoja ser mas densa y de formación mas cerrada que por hidratación.

Refinadores de disco. Entre las mas prometedoras se encuentran los refinadores de discos, en los cuales la refinación se verifica pasando la pasta entre placas ranuradas localizadas en dos discos verticales. Estos refinadores se están usando ampliamente en fábricas que hacen papeles para bolsas y envolturas, -- cartoncillo kraft, y calidades similares, y en menor grado en fábricas de papeles de alta calidad. En las fábricas de cajas de cartón han mostrado creciente interés en la aplicación del refinador de discos en sus problemas de preparación de pastas.

En los refinadores de discos la suspensión generalmente entra al área de refinación a través de un orificio que está en el centro de uno de los discos, pasa hacia afuera por entre los discos, y es descargada en la periferia. La producción de pasta refinada puede ser regulada independientemente del claro entre los

discos, por la manipulación de orificios controlados en la periferia de los discos en unos diseños, y en otros diseños por la estrangulación de válvulas en las líneas de descarga. Las unidades pueden ser del tipo de rotación sencilla (con un disco estacionario y un disco rotatorio), del tipo de doble rotación (con dos discos rotatorios uno contra otro), o del tipo de doble disco (dos discos estacionarios y uno rotatorio, de doble cara, localizado entre ellos). También se puede decir que los refinadores de disco son del tipo de descarga libre o de descarga por -- bomba, refiriéndose la primera al hecho de que la suspensión sale del refinador por gravedad después de pasar por las superficies refinadoras, y la segunda significa que la descarga de la pasta de la unidad esta controlada por medio de una válvula estranguladora. Como accesorios de los discos se dispone de placas intercambiables con una amplia variedad de ranuras, diseño de dientes, y dimensiones.

Reguladores de consistencia.

Los reguladores de consistencia son de dos tipos: abiertos y en línea. El tipo de reguladores abierto consiste de una caja de flujo abierta en accesorios para entrada de pasta, salida de pasta y derrame. Para responder a las variaciones en el flujo de pasta, originadas por variaciones de consistencia, se usan diversos dispositivos sensibles. Cuando se necesita mas agua, una válvula agrega el agua de dilución que se requiera para justar la consistencia de la suspensión; cuando se alcanza la consistencia apropiada, la válvula se cierra. Puesto que todos los reguladores de consistencias trabajan por dilución, la pasta que reciben debe tener una consistencia mayor que la deseada con objeto de permitir el funcionamiento del controlador.

En el regulador de tipo en la línea, figura (3.1), un elemento sensible, que consiste de unas paletas montadas en una flecha, gira dentro de una cámara cerrada. Con cada cambio en la consistencia de la pasta, la cual entra por la parte inferior, se requiere un cambio correspondiente en el momento de torsión --

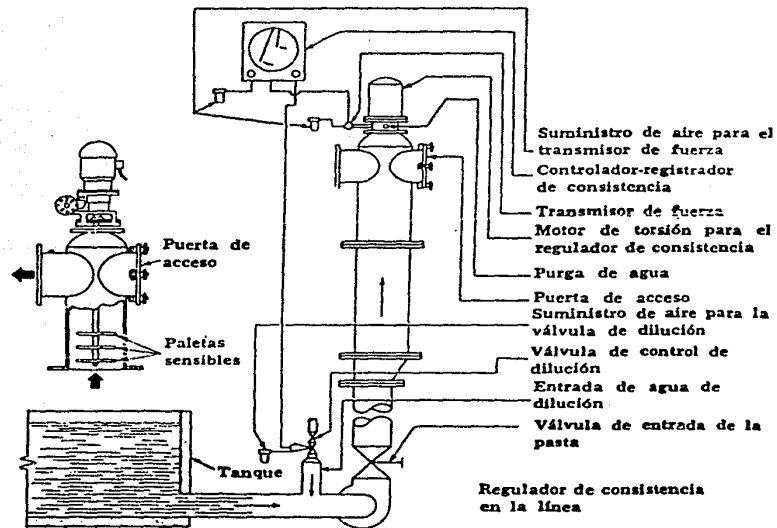


Fig. 3.1 Regulador de consistencia en la línea.

se mide por medio de un transmisor de fuerza en equilibrio neumático, extremadamente sensible. Un cambio en el momento de torsión produce un cambio en la presión del aire de salida, desde el transmisor hasta el controlador-registrador. El controlador-registrador reajusta la posición de una válvula de dilución operada con aire y registra las variaciones de consistencia. Los cambios planeados de consistencia se hacen girando un botón en el controlador-registrador.

Proporcionadores.

Las diversas pastas que van a constituir una mezcla de varias fibras, se pueden proporcionar por muy diferentes métodos. El que mas ha prevalecido a través de los años ha sido el que consiste en usar una caja reguladora de pasta, con varios compartimientos, provista con orificios apropiados de entrada, salida y derrame, así como con mamparas regulables que permiten el ajuste manual de la cantidad de cada una de las pastas individuales que van a constituir la mezcla fibrosa. Ultimamente se han ideado dispositivos automáticos para realizar los mismos propósitos. Como en el caso de los reguladores de consistencia, existen en el mercado dispositivos proporcionadores cerrados, que se pueden instalar en las líneas de pasta y que están habilitados para ajustar automáticamente las válvulas de control y proporcionar las diferentes pastas de la mezcla fibrosa por medio de un controlador de proporciones. También existen proporcionadores de tipo caja, de cabezal abierto.

La figura (3.2) ilustra un proporcionador de caja, de cabezal abierto. Consiste de una caja de flujo provista con tantos compartimientos de entrada y derrame, como pastas individuales se van a proporcionar. El proporcionador que se ilustra está arreglado para manejar dos pastas tales como, por ejemplo, pasta mecánica y pulpa al sulfito para mezcla fibrosa de papel periódico. Existen dos orificios precisos, ajustables, que se muestran como compuerta 1 y compuerta 2. Las características del orificio son constantes y directamente proporcionales al área, sobre

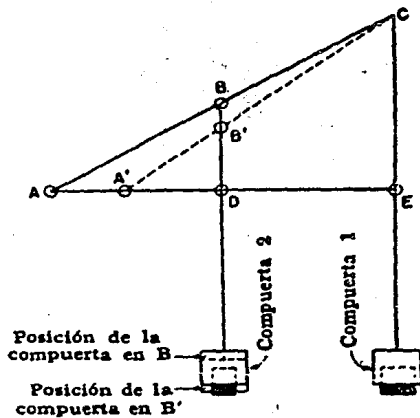
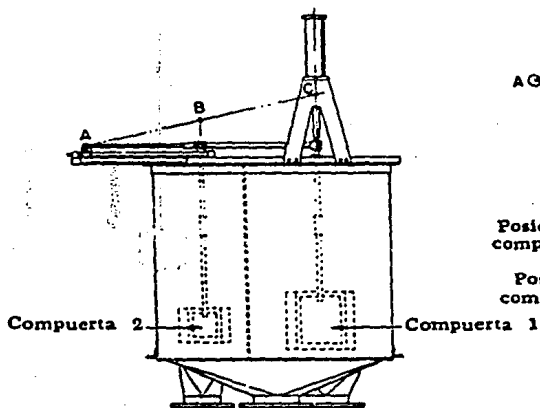
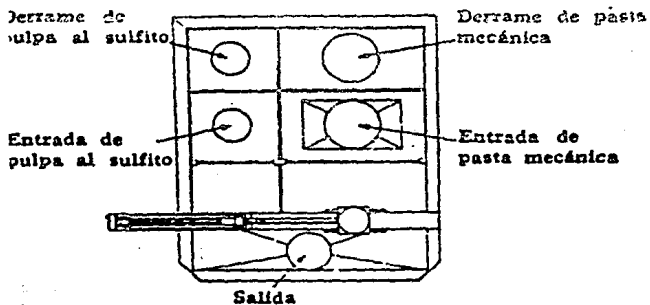


Fig. 3.2 Proporcionador de pasta

un amplio rango de flujo. Un orificio sirve para cada pasta que se va adicionar. El varillaje de las compuertas de orificio es un mecanismo proporcionador-posicionador. Una simple articulación mecánica permite obtener un completo control, siempre y cuando el cabezal de pasta sobre cada orificio permanezca constante. Existen dos modelos básicos, conocidos como el tipo de derrame y el del tipo de nivel controlado. La unidad que se muestra es del primer tipo. En el segundo, no existen orificios de derrame, y el nivel de pasta en la caja de flujo se regula por medio de controladores individuales de nivel que regulan el flujo de pasta por medio de válvulas de control que están delante de la caja de flujo.

Tanques y agitadores.

Puesto que siempre se debe disponer de medios de almacenamiento de la pasta que entra al proceso, siempre se han requerido tanques y agitadores para la pasta en las fábricas de pulpa y papel.

Los tanques pueden dividirse en tres clases: tanques de pasta, tanques de mezclado y tanques de ciclizadores. Los agitadores, si se instalan en el interior del tanque, pueden clasificarse generalmente en verticales y horizontales. Se debe hacer notar que existe tanto la agitación externa como la interna. En la agitación externa, un dispositivo adecuado de bombeo, situado fuera del tanque, extrae la pasta por el fondo y la regresa nuevamente, descargándola por la parte superior del tanque, generalmente, por el lado opuesto de un muro central que hay dentro del tanque, de manera que la pasta tenga que fluir desde la entrada, en la parte baja del canal, luego alrededor del muro central y otra vez hacia la salida. En la agitación interna, el mecanismo de agitación está localizado dentro del tanque, ya sea en posición vertical u horizontal. La figura (3.3) ilustra un tanque horizontal de pasta, provisto con un agitador horizontal, del tipo hélice. La inclinación de las aspas en los agitadores de hélice casi siempre es ajustable para poderse alterar de acuerdo -

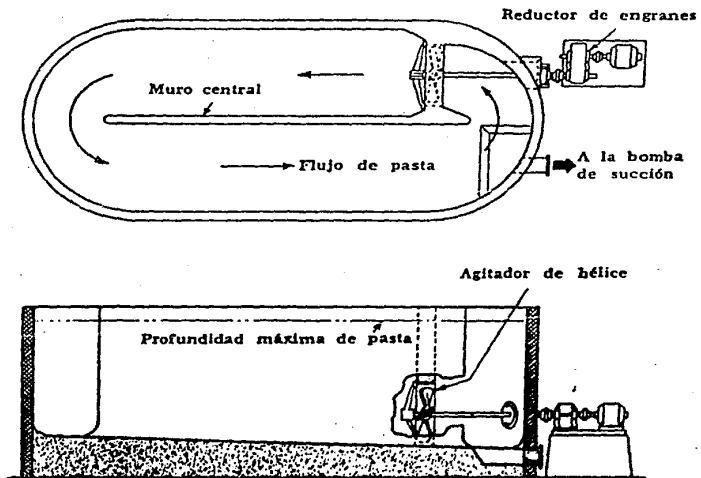


Fig. 3.3 Tanque de pasta - Agitación horizontal.

con los requerimientos de consistencia y de recorrido de la pasta. El fondo del tanque tiene un declive constante de extremo a extremo, para un fácil drenaje y una completa limpieza.

Tanques de mezclado - Agitación vertical. El fabricante de papel frecuentemente necesita mezclar los distintos componentes de la suspensión fibrosa con aditivos químicos y con colores. - Si bien esto se puede lograr mediante el uso de dispositivos proporcionadores y dispositivos automáticos distribuidores de aditivos, muy a menudo se usan tanques de mezcla para tal efecto. Un tipo de tanque de mezclado consiste de un cilindro vertical provisto con un agitador vertical. El movimiento de la suspensión es desde el fondo hacia la parte superior del tanque, en donde se mueve radialmente en todas direcciones hacia las paredes y -- luego hacia el fondo del tanque. Se ha encontrado que localizando la flecha del agitador vertical algo descentrada, se mejoran la agitación y el mezclado. También aquí el fondo del tanque -- tiene un declive hacia la salida para favorecer un vaciado fácil y una limpieza completa.

Tanques ciclizadores. Un tanque ciclizador consiste de un tanque vertical, cilíndrico, con un muro central, también vertical, como en la figura (3.4). A cada lado del muro central, en el fondo del tanque, se encuentra una válvula de vaciado que conduce a la entrada de una bomba de pasta. En uno de los dos lados del tanque existe un agitador vertical para el mezclado. En operación, se carga o se envía pulpa en suspensión en un lado -- del tanque. Después que se llena, se abre la válvula de vaciado y la pasta se envía, por medio de la bomba, hacia la máquina refinadora, de la que regresa al otro lado del tanque. Cuando el primer lado del tanque está vacío, se reposicionan las válvulas de vaciado de manera que la pasta circule del segundo lado del -- tanque, por la bomba y el refinador, y regrese al primer lado. Esta inversión de flujo de pasta se repite hasta que la refinación se completa en la pasta que llega, después del último paso, al lado del tanque en el que se localiza el agitador. Entonces

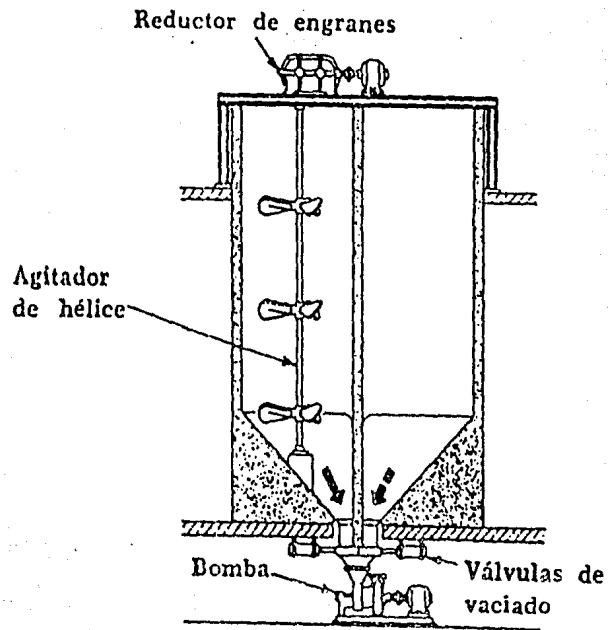


Fig. 3.4 Tanque ciclizador.

se puede agregar los aditivos, se arranca el agitador, y se efectúa el mezclado hasta completarlo.

Bombas.

Aunque las bombas de pasta y las bombas de agua no tienen una parte específica en la preparación de la pasta, por lo que respecta al trabajo mecánico sobre las fibras, desempeñan un papel de lo más importante en el proceso mismo.

Las bombas son necesarias para distribuir el agua de proceso en toda la fábrica y para transportar, por cualquier parte, la pasta en forma de suspensión.

Bombas de pasta. Existen bombas en varias clasificaciones standard, tales como centrífugas, rotatorias, de pozo profundo y recíprocas. Una bomba centrífuga típica de pasta consiste de un impulsor centrífugo especialmente diseñado, montado sobre una flecha, dentro de una caja provista con placas laterales ajustables, que sirven para compensar el desgaste del impulsor conforme se va produciendo y para mantener así la eficiencia de la unidad. La pasta entra al lado de succión de la bomba y pasa por el "ojo" de entrada de la caja hacia el impulsor centrífugo. Debido a su diseño y al hecho de que gira a velocidad relativamente alta, el impulsor origina una fuerza centrífuga suficiente para mandar la pasta contra el cabezal de descarga que se crea sobre él por las condiciones bajo las cuales esté operando.

Bombas de agua. Las bombas de agua son frecuentemente de un diseño conocido como la succión doble, el cual consiste de una caja principal, que es simétrica con respecto a su línea central vertical y que encierra a una flecha rotatoria. Montando centralmente sobre la flecha rotatoria esta el impulsor centrífugo de doble cara, siendo el diseño de una cara la imagen especular del diseño de la otra. El agua penetra a la bomba por la abertura de entrada, la cual, en el interior de la caja, se bifurca en dos, de tal manera, que a cada lado del "ojo" del impulsor

El agua entra por la mitad del agua. Como en el caso de la bomba de pasta, el impulsor rotatorio crea una fuerza suficiente para descargar el agua, a través de una sola salida, a la capacidad la cual se diseñó la bomba y contra el cabezal de descarga que actúa sobre ella.

3.2 SISTEMAS DE PREPARACION DE PASTA

Existen casi tantas distribuciones para instalar el equipo de preparación de la pasta, como ingeniero pueda haber encargados de hacer dicha instalación. Al mismo tiempo, solamente puede haber dos tipos básicamente diferentes de sistemas: (1) intermitente, y (2) continuo. Todas las otras distribuciones del equipo deberán forzosamente ser modificaciones de éstos, es la forma en que mejor se adapten a las necesidades o preferencias particulares de cada fábrica de papel.

Sistemas intermitente - pilas y jordans.

La figura (3.5) muestra una distribución ortodoxa. Se muestran tres pilas tipo intermitente. En ellas se colocan los diferentes componentes de la mezcla fibrosa para sujetarse a la cantidad necesaria de desfibración y batido que produzca los resultados deseados. Frecuentemente los diversos aditivos que el fabricante de papel desea incluir en su mezcla fibrosa se agregan en determinado momento del ciclo de batido. Por lo general, las pilas se cargan alternadamente y, por consiguiente, se vacían alternadamente también. En forma usual, el vaciado de las pilas se hace por gravedad al tanque de la pila, el cual se muestra como un tanque horizontal con un muro central, provisto con un agitador de hélice. Por medio de una bomba de pasta, la suspensión se extrae del tanque de vaciado y se manda al compartimiento de entrada de una caja distribuidora de compartimientos múltiples. La caja distribuidora esta habilitada con deflectores ajustables para controlar la cantidad que se envía al siguiente paso del proceso, reternando el exceso al tanque de vaciado. Del lado de la descarga de la caja de distribución, la pasta pasa por gravedad a los jordans, que se muestran en disposición en paralelo. La pasta se subdivide en tres partes, pasando cada tercera parte por cada jordan, en una operación de un solo paso, y descargando luego en el tanque de la máquina. Si se desea, los jordans pueden estar interconectados y las tuberías pueden estar provistas con válvulas apropiadas de control, de modo que

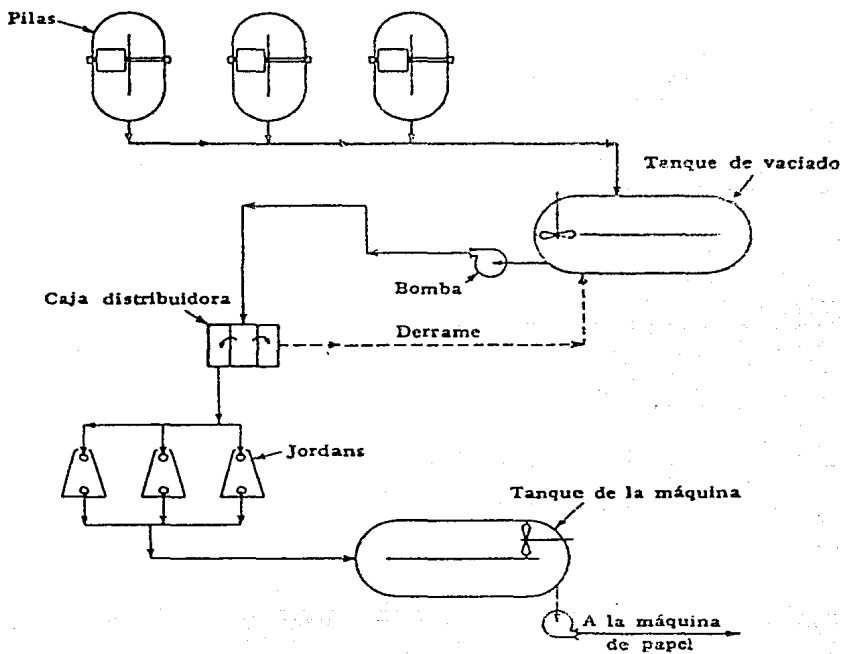


Fig. 3.5 Sistema intermitente - pilas y jordans.

los jordans puedan operarse en serie, pasando primero la pasta - por un jordan, luego por el segundo y, finalmente por el tercero. El tanque de la máquina también se muestra como un tanque - horizontal, con muro central y agitador de hélice. La bomba del tanque de la máquina manda entonces la pasta hacia la máquina de papel.

Sistema Continuo - Pasta en Suspensión, Refinadores y Jordans.

Fábricas típicas de este tipo son las fábricas de papel y - cartoncillo kraft, muchas de las cuales han sido diseñadas y - - construidas para la fabricación de únicamente uno o dos tipos de papel o cartón. En tales fábricas el peso base del papel o cartón puede ser cambiado de vez en cuando para ajustarse a los requerimientos de los pedidos que se van haciendo, pero el abastecimiento básico de pasta permanece esencialmente constante. Quizás solamente cambien la cantidad de pasta que pase por el sistema y el grado de refinación deseado. Quizás, inclusive, la cantidad de pasta que pasa por el sistema pueda no cambiar apreciablemente, sino que los cambios en peso base del producto acabado puedan efectuarse sobre la máquina de papel, simplemente aumentando o disminuyendo la velocidad de la máquina. Sobre la pasta se puede efectuar una cantidad mayor o menor de trabajo, sencillamente mediante el ajuste de la fuerza consumida por los refinadores y por los jordans.

En la distribución que se muestra en la figura (3.6), el -- abastecimiento de pasta se hace a partir de un tanque apropiado de almacenamiento. La pasta puede estar a una consistencia adecuada para bombeo, o puede almacenarse a alta consistencia, de - 12 a 16%. Si este es el caso, por lo general la pasta se extrae del tanque de almacenamiento a alta consistencia, en cuyo fondo existen unas espumas especiales que sirven para diluir la pasta y poderla pasar a un tanque regulador, a una consistencia más baja, apropiada para estar en disponibilidad de manejo con una - bomba centrífuga. La pasta se extrae por medio de una bomba y se manda a la entrada de los refinadores mediante un dispositivo

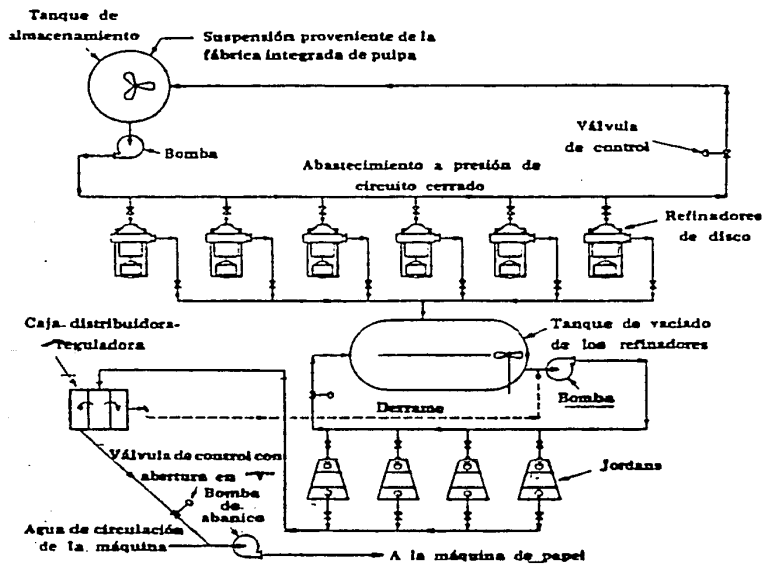


Fig. 3.6 Sistema continuo: pasta en suspensión, refinadores y jordans.

abastecedor a presión, de circuito cerrado, tal como el que se muestra en la figura. Este sistema muestra refinadores de disco, dispuestos en paralelo, ya que el uso de estos refinadores es bastante común en sistemas como éste, particularmente en las ya citadas fábricas de cartoncillo kraft para forros de cajas de cartón corrugado. De los refinadores de disco la pasta se manda al tanque de vaciado de los refinadores. De este tanque la pasta se extrae por medio de una bomba y se envía a las entradas de los jordans, también a través de un sistema abastecedor a presión, de circuito cerrado. Los jordans pueden estar dispuestos en paralelo, en serie, o en combinaciones de ambos, de acuerdo con los requerimientos del fabricante de papel. La figura muestra una disposición con la cual se ha eliminado del todo el tanque de la máquina, ya que, de los jordans, la pasta es enviada directamente a la caja distribuidora-reguladora que está antes de la máquina de papel. En la caja reguladora existe un compartimiento de derrame, para el exceso de pasta que se regresa al lado de succión de la bomba del tanque de vaciado de los refinadores. Disponiendo de esta manera la línea de derrame, no hay posibilidad de mezclar la pasta que ya ha pasado por los jordans con la que está en el tanque y que todavía no ha pasado por ellos, y así se obtiene un mejor control. La pasta que la caja reguladora dosifica hacia la máquina de papel, se controla por medio de una válvula de control, con abertura en V colocada en la línea de pasta, entre la caja reguladora y la línea succión, por la que pasa agua de circulación de la máquina hacia la bomba de abanico de la máquina de papel. Esta válvula de control está en el piso de operación, al cuidado del conductor de la máquina de papel, y él la puede abrir o cerrar eléctricamente, a control remoto, con objeto de mantener constante, o cambiar a voluntad, el peso del papel que se está fabricando. En un sistema continuo de preparación de pasta, como este, la adición de color, productos químicos y otros aditivos, se efectúa automáticamente mediante el uso de varios tipos de dispositivos medidores que el fabricante de papel tiene a su disposición para este efecto.

3.3 ENCOLADO INTERNO DE PAPEL

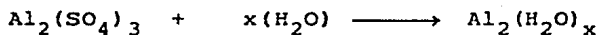
El papel se encola para resistir la penetración de líquidos o, más específicamente, para resistir la penetración del agua o soluciones acuosas. Se tiene encolado interno cuando los materiales encolantes se mezclan con las suspensiones de las pulpas celulósicas en agua, en su proceso de conversión de papel; este encolado también se conoce con el nombre de encolado de pila. Se tiene encolado externo cuando en los materiales encolantes se aplican a la hoja formada y parcialmente secada de papel; este encolado también se conoce con el nombre de encolado superficial o - en cuba.

Moritz Illig demostró que la resistencia del papel a la penetración por el agua podía efectuarse precipitando con alumbre el encolante de brea sobre las fibras de la pulpa, conforme éstas circulaban en la pila holandesa. En la misma década, Robert inventó en Francia la máquina de papel, la cual fue desarrollada por los hermanos Fourdrinier en Inglaterra. La aparición de un nuevo proceso de encolado fue, por consiguiente, propicia. Con excepción de ciertos refinamientos en aplicación y control, el proceso ha permanecido básicamente sin cambiar hasta la fecha.

Durante siglo y medio se ha usado la reacción de encolado de Illig, y más de las dos terceras partes del papel fabricado en ese lapso se han encolado, más o menos exitosamente, con base en ella. Sin embargo, aún no se tiene un conocimiento claro de la química de la reacción. Originalmente, las sales de sodio o potasio se hacían reaccionar con brea hasta la neutralidad. El encolante o jabón de brea resultante se agregaba en solución diluida a la pulpa, en la pila holandesa, y se precipitaba con alumbre. Se consideraba que esta precipitación era una simple doble descomposición en la que el resinato de aluminio, repelente al agua, se precipitaba y en la que se formaría, como un subproducto inutilizable, un sulfato alcalino soluble en agua.

La teoría coloidal recibió el apoyo científico de Sieber en -

1922 y de Ostwald y Lorenz en 1923. De acuerdo con ellos, por hidrólisis del alumbre se forman partículas de alúmina, cargadas positivamente.



Se creía que las partículas de alumina atraían hacia ellas tanto a las fibras de la pulpa como también a las partículas de brea (cargadas negativamente) para formar un complejo repelente al agua.

MATERIALES USADOS PARA EL ENCOLADO INTERNO

| Encolantes | Precipitantes |
|---------------------------|--|
| Brea y encolante de brea | Alumbre de fabricantes de papel |
| Cera emulsificada | Aluminato de sodio |
| Encolantes fortificados | Coloide ácido de la resina de melamina |
| Emulsiones bituminosas | Otras sales de metales <u>tri</u> |
| latex, siliconas y otros. | valentes. |

ORDEN DE ADICION EN EL ENCOLADO

El encolante de brea es un jabón, y muchos suponen que su temprana adición al sistema de preparación de pasta ayuda a la hidratación a través de la acción humectante del jabón. Otros suponen que es deseable agregarlo pronto al sistema para lograr su máxima dispersión en partículas pequeñas. Todavía otros suponen que la adición inicial del encolante mantiene el sistema casi neutro o ligeramente alcalino, para inhibir la corrosión ácida. Cualquiera que sea la razón, el encolante de brea, es por lo general, el primer producto químico encolante que se agrega a las pilas o al sistema de preparación de pasta.

El alumbre usualmente se agrega al último, es decir, después de que el encolante de brea y cualquier otro material, como

cargas, almidones o resinas de resistencia húmeda se han agregado y dispersado o mezclado completamente. En algunas fábricas el alumbre se agrega al último en la bomba de abanico de la máquina de papel, y todavía se tiene un buen encolado. Sin embargo, es algo más conservador agregarlo antes, de preferencia después del último jordan o refinador. La razón por la cual el alumbre se debe agregar después de la refinación, es que una vez que la precipitación química del encolante ha tenido lugar, no debe exponerse a que se rompa por una acción mecánica severa en las pilas o refinadores. Son comunes las excepciones a las reglas anteriores.

En regiones de agua excesivamente dura, con frecuencia se agrega primero algo de alumbre, en caso de que después de la primera adición usual del encolante de brea haya una excesiva formación de espuma. En el encolado de cartoncillo en fábricas que usan cantidades apreciables de papel desperdicio cargado con carbonato de calcio, o en el encolado de papel kraft del color natural de la pasta en fábricas en las que la pulpa puede estar algo alcalina, es una practica aceptable reducir la alcalinidad mediante el uso de ácido sulfurico; éste debe ser agregado primero, es decir, antes del encolante.

LISTA PARA LA VERIFICACION DE CONDICIONES O FACTORES QUE GENERALMENTE PERJUDICAN EL ENCOLADO INTERNO

- 1.- Agua excesivamente dura que causa la precipitación prematura e inefectiva del encolante.
- 2.- Pulpas con alto contenido de alfa-celulosa o pulpas de trapo, las cuales son difíciles de encolar.
- 3.- Mezclado insuficiente de los productos químicos y la pulpa.
- 4.- Tiempo insuficiente para que la reacción de encolado se lleve a cabo completamente.
- 5.- pH de la pila, superior a 5.5 , con excepción de cuando se usa alumina complementaria.

- 6.- Cargas particularmente de carbonato, que reaccionan con el alumbre.
- 7.- Altas temperaturas de la pasta durante la formación de la hoja, lo cual baja la viscosidad del agua y también interfiere con la precipitación del encolante.
- 8.- Alta concentración de ácidos u otros productos químicos en sistemas de agua blanca estrechamente cerrados; las mediciones de pH, por sí solas, no reflejan la condición anterior, también es necesario determinar los ácidos por titulación.
- 9.- Exceso de calor en los primeros secadores, o insuficiencia en los siguientes; el calor propiamente aplicado funde o adhiere las partículas de encolante en fibras.
- 10.- Encolante excesivo, especialmente cuando esta acompañado por el uso de caja de agua.

3.4 CARGAS Y RELLENOS

La operación de carga del papel significa, tradicionalmente, la incorporación de materiales inorgánicos en la hoja fibrosa para mejorar la calidad de los papeles o cartones. Se aplica la palabra "carga" porque, a un peso base constante, el producto -papel- es modificado por la adición de 5 a 20% de material inorgánico de mayor peso específico. Además de carga también se usa la palabra relleno, puesto que su objetivo es tapar u obturar -- con materiales no fibrosos los espacios existentes entre las fibras en una hoja de papel o cartón.

El término relleno, con el de carga, es una palabra tradicional. Los rellenos son esencialmente los mismos materiales -- inorgánicos denominados pigmentos en los recubrimientos del papel, en pinturas y en la industria del hule. El nombre de relleno no está bien escogido, ya que establece diferencias entre los -- pigmentos blancos, que se usan como cargas y los pigmentos de color, que se aplican para colorear el papel.

INFLUENCIA DE LA CARGA EN LAS PROPIEDADES FISICAS DEL PAPEL

- 1.- La operación de cargar el papel satisface un importante objetivo de la adición de la carga: la mejoría del papel o del cartón. Una hoja que consista exclusivamente de fibras, con frecuencia tendrá una superficie discontinua con pequeñas crestas, valles y huecos distribuidos al azar. Las cargas pueden obtener las cavidades y reducir las irregularidades de la superficie.
- 2.- Mejorar la calidad de impresión. Los papeles o cartones para impresión requieren una muy buena y excelente lisura en la superficie.
- 3.- Las cargas tienen que ser agregadas no solamente en los papeles de impresión, sino en muchos otros tipos con el objeto de aumentar su opacidad.

- 4.- Las cargas a menudo se agregan a los papeles para mejorar su blancura o para elevar o uniformar sus curvas de reflectancia. En muchos casos, los papeles de blancuras más altas son más atractivos y soportan precios mayores.
- 5.- Propiedades físicas especiales. Hay papeles que por su uso necesitan características específicas, por ejemplo: en el papel para cigarrillo, la carga se usa para el control de la porosidad y de la velocidad de incineración.

En general, la adición de cargas reduce la rigidez del papel y aumenta su flexibilidad.

3.5 MAQUINA FOURDRINIER

Con anterioridad se han descrito etapas del proceso de fabricación de papel en las que las fibras se preparan y en muchos casos, se mezclan con otros materiales no fibrosos antes de la formación de la hoja. A pesar de que en los últimos 150 años se han ideado un gran número de diversas máquinas de papel para llevar a cabo la operación de formar las hojas, todas ellas han derivado en dos sistemas básicos.

El primero la máquina Fourdrinier de papel que ha sido - - adaptada con todo éxito para la elaboración de un amplio rango de papeles y de cartones ligeros. El segundo sistema fue desarrollado por J. Dickson y se conoce como el proceso de la máquina de cilindros o de cubas. Este sistema también ha sufrido modificaciones y desarrollos; y, debido a la naturaleza compacta de la cuba del cilindro, con todo éxito se han combinado unidades múltiples en máquinas diseñadas para la fabricación de papeles y cartones multicapas.

Aquí discutiremos las funciones y principios de operación de la máquina Fourdrinier de papel. Las etapas del proceso de fabricación de papel que siguen a la sección de formación de la hoja, son comunes a ambos sistemas de formación y consisten en la eliminación del agua residual en la hoja formada, primeramente por medio de un prensado húmedo y luego mediante secado, después de lo cual viene el acabado de la hoja por calandreado, recubrimiento, etc.

En la figura (3.7) se muestra una sección húmeda, para varios usos, de una máquina fourdrinier. Las fibras refinadas y mezcladas, junto con cualesquiera cargas o aditivos de pila, tales como colorantes, alumbre y encolante de brea, se almacenan antes de la máquina en el tanque de la máquina. En este tanque la pasta se agita para evitar el asentamiento y la separación de los sólidos. La consistencia de la pasta en este tanque es del

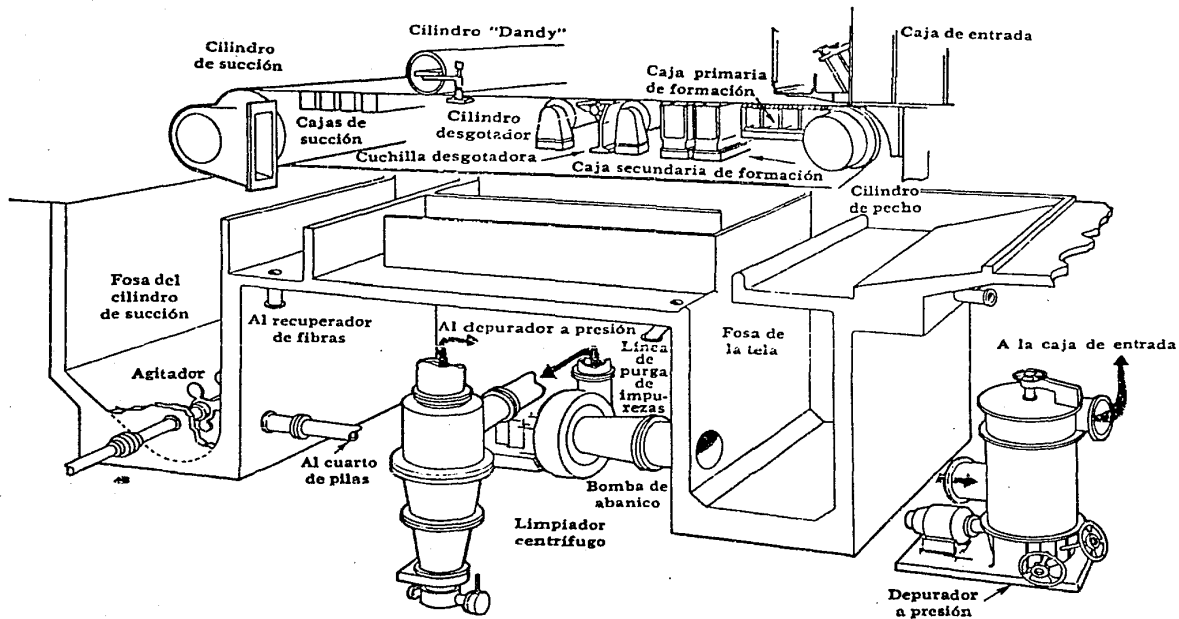


Fig. 3.7 Una sección húmeda Fourdrinier para varios usos.

orden de 2.5 a 4%. Una bomba eleva la pasta desde este tanque - hasta un regulador de consistencia y una caja de cabezal constante de donde pasa, a través de una compuerta reguladora de flujo, al jordan de la máquina. Los detalles del equipo empleado varían considerablemente de una máquina a otra. Sin embargo, su objetivo general es el mismo, es decir, suministrar un flujo de pasta, de consistencia regulada, medido, controlado y constante a la máquina de papel. El jordan de la máquina se usa para ajustar la longitud de la fibra y propiedades de drenado de la pasta con objeto de obtener la formación deseada en la hoja y las condiciones óptimas de drenado sobre la máquina. Del jordan, la pasta pasa hacia la entrada de la bomba de abanico de la máquina. En esta bomba la pasta se diluye de 0.1 a 1.0% con agua que se recircula de la fosa o tanque recolector de agua blanca. La pasta diluida puede entonces limpiarse por medio de limpiadores de tipo vórtice, seguidos por depuradores, abiertos o cerrados a presión, de placas perforadas. La pasta limpia y depurada fluye entonces al sistema de distribución de entrada, que reparte el flujo a todo el ancho de la máquina, descargando la pasta dentro de la caja de entrada, en donde el flujo se estabiliza. El flujo estabilizado de pasta pasa entonces, a través de un orificio ajustable, llamado regla, sobre una tela metálica móvil, fourdrinier. La "tela" fourdrinier es una banda sinfin, de tela metálica de tejido fino, que viaja alrededor y entre dos grandes rodillos, el cilindro de pecho, que es sólido, en el extremo de la caja de entrada, y el cilindro de retorno de la tela en el otro extremo. - La mayoría de las máquinas tienen cilindros de retorno huecos y perforados, con una cámara interior de vacío, conocidos comúnmente como cilindros de succión. La tela esta soportada sobre la sección formadora horizontal superior, o "mesa", por medio de una o más cajas de formación estacionarias, rodillos desgotadores - sólidos o ranurados, cuchillas de agua y deflectores, después de lo cual pasa sobre varias cajas de succión. Sobre esta sección - el agua se elimina por drenado, dejando la hoja de papel sobre la superficie superior. La hoja se separa de la tela en o muy -

cerca del extremo de la zona de succión del cilindro de retorno, y el viaje de regreso de la tela lo soportan unos cuantos rodillos que se usan para tensar y guiar la tela, al tiempo que unas regaderas de agua lavan las fibras sueltas o grumos de fibras - que pueden haberse quedado adheridos a ella.

En las máquinas existen unas charolas colectoras entre los dos viajes de la tela para recoger el agua drenada y sacarla del sistema. Aunque es una práctica común retornar el agua por medio de embudos, una vez que ha librado el viaje de regreso de la tela, hacia la fosa que está abajo de la tela en los nuevos sistemas de máquinas existe la tendencia de recolectarla por separado en una fosa o tanque situado en el lado de la transmisión de la mesa e independizarla así del agua de regaderas. De esta manera es posible balancear con mayor eficiencia el consumo de agua de la máquina. Prácticamente toda el agua que drena de la sección de los rodillos desgotadores se recircula hacia la bomba de abanico para diluir la nueva suspensión.

El agua extraída por las cajas de succión se separa del aire en el lado de transmisión de la máquina y es descargada por unas piernas de caída en una fosa de sello localizada en el sótano del cuarto de máquinas. El aire pasa a una bomba de vacío. El agua blanca de las cajas de succión se bombea de regreso hacia la fosa o sistema colector de drenado de rodillos desgotadores y se vuelve utilizar para balancear los requerimientos de la bomba de abanico y para suministrar agua de dilución a la fosa del cilindro de succión. El exceso puede enviarse al sistema recuperador para recuperar sólidos, reutilizarse en algún punto anterior en el sistema de preparación de la pasta, o mandarse a cañerías. Dado que la suspensión nueva viene a la máquina a una consistencia aproximada de 3% y que la hoja sale del cilindro de retorno con un 20% de sólidos, existe siempre un sobrante de agua de la sección fourdrinier con respecto a la que se requiere para dilución de la bomba de abanico, además del agua introducida por las regaderas limpiadoras. Las reglamentaciones sobre contaminación

de corrientes y las consideraciones de carácter económico son incentivos muy poderosos para reducir el consumo de agua fresca en la máquina de papel. El procedimiento mas efectivo para lograr esto es la reutilización del agua dentro del sistema.

Es costumbre recortar unos cuantos centímetros de cada extremo de la hoja, conforme ésta sale de la tela formadora. Los extremos de la hoja, por lo general, pesan menos y contiene puntos débiles. El corte se hace por medio de chorros finos de agua, a alta presión, que se localizan sobre la tela entre la última caja de succión y el cilindro de succión. Los recortes pasan alrededor de este cilindro y al lavar la tela caen hacia la fosa del cilindro, en donde se redesfibran y se vuelven a utilizar en el sistema.

En máquinas de mediana o baja velocidad, la hoja se levanta de la tela en el cilindro de retorno y se pasa, sin soporte alguno, a través del claro existente, de la tela hacia un fieltro móvil de lana, el cual la deposita entonces en la primera prensa húmeda. En la mayoría de las máquinas de alta velocidad el paso de la hoja de la tela hacia la primera prensa se efectúa mediante un cilindro de succión y un fieltro que se pone en contacto con la hoja sobre la tela. La hoja se transfiere al fieltro, el cual la deposita en la primera prensa.

Antes de analizar mas detalladamente la mecánica de la máquina fourdrinier, es conveniente considerar el proceso de formación de la hoja, con objeto de entender la necesidad de las diferentes partes de la máquina. El papel se hace depositando las fibras de una suspensión acuosa de consistencia muy baja, sobre una tela metálica relativamente fina. A través de esta tela se separa más del 95% del agua. A medida que las fibras se depositan sobre la tela, se entrelazan generalmente al azar y de esta manera, ellas mismas forman parte del medio filtrante. La longitud de la fibra es del mismo orden que las aberturas de la tela

metálica, por lo que muchas fibras pasan a través de la "tela" - durante las etapas iniciales del drenado. Conforme la red de fibras comienza a formarse, la velocidad variable de retención aumenta progresivamente. La velocidad variable de retención conduce a una variación gradual de características de un lado a otro de la hoja. Aún como una red bastante húmeda, la hoja en formación tiene una resistencia considerable. Esta se debe a las - - fuerzas de fricción y de entrelazamiento que ocurren entre las - fibras, y su resistencia es mayor a medida que la consistencia - de la hoja húmeda se incrementa. En una etapa posterior, durante el secado, las fibras comienzan a unirse químicamente entre - sí, hasta que este tipo de unión predomina en la condición de secado completo.

Las fibras para fabricar papel son partículas flexibles, -- elongadas, son grandes relaciones de largo a diámetro. Una propiedad de las suspensiones de tales partículas es que forman estructuras reticulares flojas, tridimensionales, en el seno de -- suspensiones a cualesquiera consistencias mayores que una "con--sistencia o concentración crítica". Para la mayoría de las fi--bras esta concentración crítica cae de 0.05 a 0.20%. Por arriba de esta consistencia las fibras se enmarañan y forman agregados, fenómeno llamado floculación. Aunque estos floculos pueden romperse agitando la suspensión, ellos continuamente se vuelven a - formar, en especial a medida que la velocidad de agitación disminuye. La condición de floculación es a menudo, una condición dinámica en la que las fibras individuales pasan de un floculo a - otro. Tanto la tendencia de las fibras a formar flóculos como - la resistencia de los flóculos así formados aumentan rápidamente al incrementar la consistencia y la longitud de la fibra. La resistencia reticular se puede reducir algo por la refinación o -- por la adición de productos químicos defloculantes por ejemplo, goma de guar, la que recubre la superficie de las fibras químicamente y reduce las fuerzas friccionales entre las fibras. Los productos químicos de naturaleza iónica puede aumentar o reducir la floculación de las fibras de acuerdo con la manera en que - -

cambian el equilibrio de las cargas eléctricas sobre la superficie de las fibras y causan así, su mutua atracción o repulsión electrostática.

A partir del comportamiento de flujo de suspensiones fibrosas en tubos circulares, se han derivado ciertas medidas de la manera definitiva en que la resistencia reticular depende de la consistencia. Cuando el agua fluye en un tubo circular a velocidades relativamente bajas, el flujo es laminar y tiene un perfil de velocidad parabólico, constante, con velocidad máxima en el centro del tubo y nula en las paredes. Conforme se aumenta la velocidad de flujo, se alcanza un punto en el cual el flujo laminar pasa a una condición turbulenta. El perfil de velocidad se hace mas plano en el centro, y mas inclinado en las paredes. La transición del régimen de flujo laminar al turbulento ocurre en un número de Reynolds de aproximadamente 2000. A concentraciones inferiores a la crítica (menor de 0.1%) el flujo de la suspensión fibrosa sigue el mismo patrón que el agua. Las fibras aumentan ligeramente la viscosidad por arriba de la del agua sola y retardan la transición hacia la turbulencia hasta alcanzar un número de Reynolds crítico ligeramente alto. A concentraciones mayores que la crítica, se produce un notorio cambio en el comportamiento del flujo. A las velocidades bajas en lugar de un flujo laminar, con perfil parabólico de velocidad, se tiene un núcleo central de fibras que se extiende casi hasta las paredes. Dentro de este núcleo las fibras se mueven juntas (a lo largo) con poco movimiento relativo entre ellas. Cerca de las paredes se forma un anillo de agua clara, y todo el gradiente de velocidad se presenta dentro de este anillo. A medida que la velocidad de flujo aumenta, éste pasa por dos puntos de transición antes de llegar a una completa turbulencia en todo el tubo. En la primera transición el anillo frontera, libre de fibras, se vuelve turbulento y comienza a erosionar fibras de la frontera del núcleo de fibras. Al aumentar la velocidad, ocurre una erosión adicional de fibras, de modo que queda un núcleo fibroso central, en flujo no turbulento, rodeado por una suspensión fibrosa

turbulenta.

A partir de la medición de datos de la caída de presión por fricción en flujo por tuberías, es posible calcular el grado de esfuerzo cortante en la frontera del embolo central cuando empieza la erosión de fibras, y luego hasta hacer igual este valor con el de la fuerza cortante de la red fibrosa. La resistencia de la red húmeda continúa aumentadno conforme la consistencia si que subiendo.

Un requerimiento primordial de cualquier proceso de formación de papel es que se produzca una hoja en la que las fibras estén uniformemente distribuidas. Para lograr esto, es importante que las fibras estén uniformemente dispersadas en la suspensión, que la suspensión esté medida con regularidad sobre la sección formadora, y que, en el momento de depositarse, las fibras estén entre sí relativamente libres de movimiento. Este último requisito es deseable, puesto que permite a las fibras formar una hoja estrechamente empacada, con una anastomasación máxima entre ellas. Estos objetivos requieren el uso de suspensiones muy diluidas, cercanas a la concentración crítica. En la práctica se debe establecer un equilibrio entre los grandes volúmenes de agua requeridos para alcanzar la dilución óptima y los problemas comunes implicados en el manejo de esta gran cantidad de agua. En la mayoría de las máquinas se usa una concentración fibrosa cercana a 0.5%. Las pastas de fibra muy larga, requieren por lo general, concentraciones más bajas para producir una buena forma ción, en tanto que con pastas de fibra corta se puede usar concentraciones ligeramente mayores. Toda el agua de dilución debe ser eliminada de las fibras durante las etapas subsecuentes del proceso.

Ahora se puede hacer una lista de las funciones básicas que se tienen que efectuar en la sección húmeda o sección formadora de la hoja de una máquina de papel. Ellas son:

- 1.- Diluir la suspensión fibrosa que entra al sistema hasta una consistencia lo suficientemente baja para permitir un fácil movimiento relativo entre fibras y, por consiguiente, un alto grado de uniformidad en la dispersión de las fibras. El agua de dilución puede ser fresca, pero usualmente es agua recirculada de la propia sección formadora o agua recuperada del sistema de recuperación de agua blanca. La uniformidad de dilución afecta directamente la uniformidad del peso base en el sentido de la fabricación.
- 2.- Distribuir la suspensión diluida de fibras, uniforme y constantemente, en la sección formadora, al mismo tiempo que mantener las fibras uniformemente dispersadas.
- 3.- Depositar uniformemente las fibras individuales en la tela metálica formadora, conforme el agua de la suspensión drene a través de la tela.
- 4.- Compactar la red fibrosa, mientras está en condición plástica, para obtener un contacto íntimo de fibra a fibra y un acercamiento de la estructura porosa de la hoja.
- 5.- Separa por succión la mayor cantidad posible del agua atrapada en la hoja, antes de que ésta pase a la sección de prensa a húmeda. En muchas máquinas la hoja debe ser lo suficientemente fuerte para transferirse, sin soporte alguno, del cilindro de retorno, y la resistencia de la hoja húmeda aumenta al disminuir el contenido de agua.

Aunque por lo general la pasta se depura en una de las operaciones de su proceso de fabricación, antes de la caja de entrada se efectúa una depuración y limpieza final en todas las calidades de papel, excepto las más corrientes, como una protección contra partículas extrañas que podrían ensuciar el papel o perjudicar la delicada tela metálica formadora. Los depuradores finales son también defloculadores de fibras muy efectivos y, por lo tanto, deben de colocarse lo más cerca posible de la caja de

entrada se efectúa una depuración y limpieza final en todas las calidades de papel, excepto las mas corrientes, como una protección contra partículas extrañas que podrían ensuciar el papel o perjudicar la delicada tela metálica formadora. Los depuradores finales son también defloculadores de fibras muy efectivos y, por lo tanto, deben colocarse lo mas cerca posible de la caja de entrada con objeto de reducir al mínimo la floculación.

Las funciones del distribuidor de pasta y de la caja de entrada se pueden resumir como sigue:

1. Mezclar los flujos de los depuradores individuales - siempre que se use mas de un depurador; esto asegura propiedades uniformes en todos los puntos a lo ancho de la máquina.
2. Distribuir uniformemente el flujo de pasta a todo lo ancho de la máquina.
3. Dirigir el flujo de pasta hacia la regla, libre de flujos transversales que originarian condiciones no uniformes de flujo en el chorro de la regla.
4. Mantener en todo el sistema una dispersión uniforme de las fibras y otros sólidos. Esto requiere un movimiento adecuado en todas las partes del sistema para impedir el asentamiento y la floculación de las fibras, y también implica el evitar los flujos rápidos alrededor de superficies curvadas. El flujo turbulento en el cual el tamaño del remolino es pequeño, constituye un eficiente método de dispersión de fibras. Las fuerzas centrífugas y las perturbaciones de flujo generadas por flujos rápidos alrededor de superficies curvadas originan canalizaciones y separación de los sólidos. Esta última consideración es muy importante en máquinas que trabajan pastas con altos contenidos de cargas.

5. Mantener la limpieza del sistema de operaciones prolongadas. La pasta es un medio ideal para el desarrollo de bacterias. En un sistema de pasta tales desarrollos producen rápidamente agregados lamosos de fibras, los que se aflojan y rompen en el flujo y causan rupturas sobre la máquina y papel de calidad pobre. Los requisitos para tener un sistema limpio incluyen superficies limpias en contacto con la pasta, evitar canales cerrados en los que las burbujas de aire dispersadas en la pasta podrían separarse y acumularse en bolsas, evitar bolsas muertas de pasta o regiones con velocidades de flujo lentas, y contar con facilidad de acceso para la limpieza de los probables focos de dificultades.

El término regla de la caja de entrada se usa para incluir tanto el orificio del cual sale la pasta de la caja de entrada hacia la tela formadora como sus accesorios inmediatos. En la regla se efectúan cinco funciones:

1. Sirve como un orificio de medición para controlar la distribución de la pasta a todo lo ancho de la máquina. Sin embargo, no controla el flujo total hacia la máquina, como a menudo se supone. Esta última función la verifica la bomba de abanico y su respectiva válvula de control. Generalmente se desea un perfil uniforme de peso, para obtenerlo, a veces es necesario hacer ciertas variaciones en la abertura de la regla con objeto de compensar las desigualdades de flujo que llega, u otras deficiencias del sistema.
2. Controla la velocidad de salida de la pasta hacia la tela. Esto se efectúa mediante el ajuste de la abertura promedio de toda la regla, en combinación con el flujo total que entra a la caja.
3. En muchas cajas de entrada modernas, se tienen ajustes en la regla para controlar la trayectoria del chorro -

- de pasta sobre la tela. Este control es muy importante en las máquinas rápidas.
4. La regla junto con álabes distribuidores o cilindros perforados que guían el flujo y que se localizan cerca de ella, se usa para controlar la estabilidad del flujo que pasa por ella y el tamaño de los remolinos originados por la turbulencia del chorro. Por ejemplo, - el tamaño de los agujeros de los cilindros perforados cercanos a la regla determina la magnitud de la turbulencia en el chorro, y la forma del canal afecta el perfil de velocidad en el chorro.
 5. La geometría de la regla tiene influencia en la orientación de las fibras en el chorro de la misma.

Con los años se han desarrollado diversos diseños básicos de reglas. Los problemas encontrados al diseñar una regla son diferentes para las máquinas de baja velocidad por una parte y para las máquinas de mediana y alta velocidad por la otra. El rango de transición de velocidad es de aproximadamente 400 a 500 -- pies/min.

Dos cosas le suceden a la suspensión conforme va pasando sobre la mesa fourdrinier. Más del 95% del agua se drena a través de la tela, dejando del 60 al 100% de las fibras sobre la tela - en forma de una red húmeda. Las fibras que quedan sobre la tela se entrelazan unas con otras para formar una hoja continua de densidad casi uniforme. La disposición mediante la cual las fibras se arreglan en la hoja se denomina formación de la hoja, y los fabricantes de papel generalmente juzgan esta cualidad observando la hoja por luz transmitida, de lo que ha derivado la expresión ver a través. No obstante, el término formación cubre - mas que tan solo ver a través; por ejemplo, el propio proceso de deposición de fibras, la distribución de cargas y diferentes tipos y tamaños de fibras a través de la hoja, y la distribución - de los tamaños de los poros en la hoja, son todos aspectos de la formación.

El drenado de la fourdrinier se efectúa como resultado de - gradientes de presión hidráulica. Estos pueden producirse en -- cualquiera de cinco formas:

1. Presión hidrostática, debida al peso de la suspensión sobre la tela. Esta fuerza tiene importancia práctica en máquinas sumamente lentas en las cuales produce la mayor parte del drenado sobre la sección de los rodillos desgotadores.
2. Presión de inercia, producida por el impacto, en un ángulo grande, el chorro de la regla sobre la tela. Este tipo de drenado a presión se emplea en algunas máquinas de papeles finos ya que ocasiona una formación pobre en las hojas mas pesadas.
3. Fuerzas de succión hidrodinámica, producidas por el movimiento de la tela sobre los cilindros desgotadores o sobre soportes estacionarios especialmente contorneados. Estas fuerzas producen la mayor parte del drenado en casi todas las máquinas; de manera típica, un - 60 a 75% del total.
4. Fuerzas de succión o vacío, producidas por las cajas - de succión de abajo de la tela, la fuente del vacío en la mayoría de las máquinas es una pierna barométrica, complementada generalmente por una bomba de vacío para manejar el aire. Estas fuerzas producen un drenado -- que solo es superado en magnitud por el de los cilindros desgotadores; de manera mas o menos representativa, un 25% del drenado total.
5. Presión de los cilindros que giran sobre la superficie superior de la hoja, tales como el cilindro dandy o el cilindro rompe grumos, recubierto con hule suave, que se localiza sobre el cilindro de succión. Estas fuerzas deben utilizarse con cuidado, ya que la hoja sobre la tela es relativamente delicada y demasiada presión puede deformar la hoja.

El problema que el fabricante de papel debe resolver al hacer una hoja de papel, es el de romper los flóculos fibrosos separados que tienden a formarse en las suspensiones de fibras, y lograr una hoja que no refleje su estado inicial de agregación. La única manera que se ha observado de evitar por completo la formación de flóculos, es la de usar consistencias muy bajas. En la mayoría de los casos esto es inapropiado. Por consiguiente, el fabricante de papel debe recurrir a procedimientos especiales para romper dichos flóculos antes y durante la formación de la hoja.

Ya se discutíó la importancia de turbulencias en pequeña escala en la caja de entrada. Una buena caja de entrada debe proporcionar, a través de su regla, un flujo de pasta con la máxima dispersión de fibras. Esto, por lo general, no es adecuado para producir una hoja bien formada sin la acción ulterior de la mesa fourdrinier. Por lo tanto, la dispersión adicional de los flóculos debe ser llevada a cabo sobre la tela.

En la tela, la defloculación de fibras se consigue de manera muy eficiente produciendo un movimiento relativo entre la tela y las fibras depositadas, por una parte, y entre la tela y la pasta que no ha drenado, una parte del flóculo se atrapa con la red, y el movimiento relativo de la pasta libre sobre la parte no adherida del flóculo origina una fuerza cortante en el mismo. El otro factor que influye para mejorar la formación, es la tendencia del movimiento relativo para mover las fibras de áreas locales de bastante deposición (y, por lo tanto de alta resistencia al drenado) hacia áreas de poca deposición (y, por lo tanto, de drenado relativo más rápido). El resultado neto de este movimiento es una nivelación en la distribución de las fibras.

En una máquina convencional, el movimiento relativo se puede producir de cuatro maneras diferentes:

1. Operando la caja de entrada con una velocidad de salida

del chorro ligeramente menor a la velocidad de la tela. Esto produce un movimiento relativo en la dirección de fabricación. El límite práctico se alcanza cuando el movimiento relativo produce una fuerza cortante mayor de la que las fibras depositadas pueden soportar; en este punto, la propia hoja comienza a romperse. Basado en la experiencia, el fabricante de papel ha encontrado que la mejor formación generalmente se tiene una diferencia de velocidades en rango de 0 a 5%.

2. Haciendo vibrar transversalmente la sección de la tela. A velocidades hasta 900 pies/min, y en menor grado hasta 1400 pies/min, en la formación de la hoja se obtienen provechosas mejoras vibrando transversalmente la tela en la sección formadora. La selección de un diseño vibratorio varía de acuerdo con el tipo de papel que se va a elaborar.

3. Por ciertas acciones inestabilizadoras del flujo sobre los rodillos desgatadores. A altas velocidades la vibración mecánica se vuelve inefectiva. El problema de hacer vibrar la pesada sección de la mesa a una frecuencia lo suficientemente alta para ser provechosa, todavía no ha sido resuelto. Afortunadamente se presenta un fenómeno hidrodinámico que produce un efecto similar. A velocidades elevadas la succión del rodillo desgatador hace que la tela tienda a envolverlo, originando una pequeña cresta en el viaje de la pasta conforme ésta pasa sobre cada rodillo desgatador. Cualquier irregularidad de la pasta, se amplifica al pasar sobre el rodillo y luego se invierte al salir de él, y continúa creciendo por un periodo adicional. De esta manera, una protuberancia, al acercarse a un rodillo, crece; luego se convierte en una depresión al salir del rodillo, y al hacerlo así se levantan dos protuberancias a cada lado de la depresión. El flujo que produce estos cambios en la superficie de la pasta ocurre muy rápidamente y causa entre la pasta y la tela el movimiento relativo que se necesita para mejorar la formación. Desafortunadamente, este efecto es muy sensible a la velocidad, y a medida que ésta aumenta se alcanza un punto después del cual las oscilaciones crecen con mucha rapidez, haciendo que algo de suspensión se separe de la mesa, en forma de ro-

cío, y perturbe la formación de la hoja. El desarrollo de tales irregularidades puede reducirse disminuyendo el ángulo de envoltura alrededor del rodillo desgotador. Esto puede lograrse prácticamente aumentando la tensión de la tela, reduciendo las fuerzas de succión que causan la tendencia a la envoltura a sustituir los rodillos desgotadores por rodillos ranurados, o instalando soportes estacionarios para tela inmediatamente después de cada rodillo desgotador de modo que se reduzca la distancia entre los puntos del soporte de la tela.

4. Una mejor final, en pequeña escala, de la formación se puede lograr mediante un cilindro "dandy" operando desde la pasta. Este cilindro consiste de una armadura cilíndrica, ligera, recubierta con una tela metálica relativamente gruesa (de una malla con aproximadamente la mitad de hilos con respecto a la tela fourdrinier). La localización aproximada del cilindro "dandy" es a una tercera parte del largo de la sección de cajas de succión, y se soporta libremente dejando un pequeño claro sobre la tela. El drenado en la mesa, antes del cilindro "dandy", se ajusta de modo que la línea seca - la línea en que desaparece la superficie libre, brillante del agua - se presente justamente después del cilindro "dandy". Este cilindro gira directamente sobre la superficie de la pasta, comprimiendo la hoja recién formada. La mayor parte del agua que el cilindro expulsa sube al interior de su estructura y luego regresa otra vez hacia la superficie del papel, a medida que éste se aleja del cilindro "dandy". En la zona de contacto la hoja es lo suficientemente plástica para responder a las fuerzas de compresión y de corte originadas por el cilindro "dandy", y en la estructura de la hoja se produce un acercamiento. En algunas máquinas, en la superficie del cilindro "dandy" se fijan diseños decorativos. Estos diseños son transferidos entonces por el cilindro "dandy", conforme este gira, al papel, en forma de variaciones en el espesor de la hoja. Un diseño producido de esta manera en el papel se llama marca de agua.

Una hoja de papel hecha en una máquina fourdrinier, tiene - dos lados: uno llamado el lado de la tela, se formó primero en - contacto con la tela metálica; el otro llamado lado superior ó del fieltro, es el lado opuesto, el cual se formó al último y - es el que queda en contacto con el cilindro dandy. Los dos lados tienen diferentes estructuras. El lado de la tela, por lo general, retiene la impresión del diseño de la tela, está formado por fibras relativamente grandes, tiene un contenido bajo de carga y tiene una buena formación y, usualmente una fuerte orientación de fibras en la dirección de fabricación. El lado del -- fieltro puede mostrar el diseño de la tela del dandy, contiene - un alto porcentaje de finos de fibras, tiene un alto contenido - de carga en la superficie o inmediatamente debajo de ellas, tiene una formación mas floculenta que el lado de la tela, y sus fibras usualmente estan orientadas al azar. Si en la pasta se - - usan colorantes o pigmentos de color, éstos en general, estarán presentes en cantidades diferentes en los dos lados de la hoja y darán, por lo tanto, diferencias de todo o de color entre ellos.

3.6 SECCION DE PRENSAS

Despues de la sección de formación el papel pasa hacia la la sección de prensas y secadores para seguir perdiendo agua. - La hoja que sale de la sección de la tela es una red fibrosa -- parcialmente saturada que puede ser comprimida a un volumen que no es suficiente para contener toda el agua originalmente presente.

El límite al que se puede reducir el contenido de humedad depende de que tanto se pueda comprimir la hoja. En condiciones estáticas se pueden alcanzar contenidos de humedad de, aproximadamente, 50%. En las condiciones reales de la fabricación de papel se encuentran los contenidos de humedad que se citan en la tabla, para algunos tipos ordinarios de papel.

| | ANTES DE PRENSARSE | DESPUES DE PRENSARSE |
|--------------------------|-----------------------|-------------------------|
| Papel para periódico | 82 - 88 | 62 - 69 |
| Papel kraft | 83 - 89 | 65 - 70 |
| Papel para libros | 78 - 82 | 60 - 68 |
| Cartoncillo para envases | 76 - 81 | 62 - 66 |

Una prensa standard consiste de dos cilindros, uno fijo y el otro móvil y acondicionado para ejercer presión sobre el primero. La carga total ejercida entre los dos cilindros es la suma del peso del cilindro superior y del peso de la carga adicional, la que actualmente en la mayoría de los casos, se aplica - mediante cilindros o diafragmas, hidráulicos o neumáticos. La - presión lineal de contacto, expresada normalmente en libras por pulgada lineal, es la carga total dividida entre la longitud de la zona de contacto. La figura 3.8 muestra una sección de prensas. Las prensas húmedas de la máquina de papel, por lo general estan provistas con fieltros. Las prensas ranuradas de las má-quinas secadoras de pulpa se operan sin fieltros.

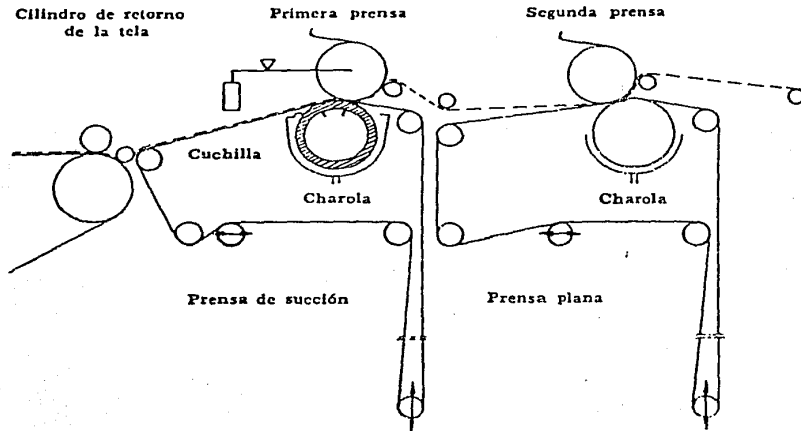


Fig. 3.8 Sección de prensas.

La prensa puede consistir de dos cilindros sólidos (prensa plana) o de un cilindro sólido y uno perforado con una caja de succión en su interior (prensas de succión).

La operación de prensado se efectúa siempre en una serie de prensas, cuyo número y tipo depende principalmente de la calidad del papel que se va a fabricar.

Una sección ordinaria de prensado consiste de dos o tres prensas; la primera o las dos primeras, ordinariamente son prensas de succión y la última una prensa plana. Las máquinas cartoneras de cilindros tienen varias prensas "baby" de baja presión antes de la sección normal de prensado. Los papeles de drenado lento, tales como los papeles a prueba de grasa, pueden requerir hasta cinco o seis prensas. Los papeles pesados, tales como el "liner" kraft y el cartoncillo para envases de alimentos, por lo general, requieren prensas calientes después de la sección normal de prensado.

El papel y el fieltro son estructuras capilares parcialmente saturadas con agua y capaces de comprimirse. El fieltro tiene capilares más grandes, contiene menos agua que el papel, y es mucho más denso; por consiguiente, es más resistente a la compresión.

Debido a los capilares más grandes, los fieltros tienen mucho menos resistencia al flujo que el papel, y al mismo tiempo tienen una actividad capilar mucho más pequeña. Estos factores son importantes para poder comprender el proceso de prensado.

La zona de contacto en la prensa, por lo general, es de 1 a 2 pulg. de ancho y esta determinada principalmente por el tamaño del cilindro y la compresión del fieltro. La presión en la zona de contacto, en libras por pulgada cuadrada, tiene un máximo en la línea central de contacto. La presión aplicada es absorbida en el papel y en el fieltro como presión hidráulica pa-

ra vencer las fuerzas capilares y de flujo, y como presión necesaria para comprimir los tejidos, tanto de la hoja de fieltro - como de la hoja de papel. La geometría de la zona de contacto - define la intensidad de la compresión y el flujo.

El mecanismo de la eliminación de agua se analiza mejor en tres fases.

La fase 1 se extiende desde la entrada a la zona de contacto hasta la línea central de contacto, y la fase 2 desde esta - línea hasta que el fieltro y el papel salen de la zona de contacto. La fase 3 cubre la eliminación del agua expulsada de la zona de contacto. La figura 3.9 muestra las zonas de contacto - en el prensado tanto para una prensa plana como para una de succión.

En la fase 1 el papel y el fieltro se comprimen y se saturan de agua. El papel, que lleva de 2 a 4 partes de agua por - parte de papel, contra 1 parte de agua en el fieltro, y que tiene menos resistencia a la compresión, se satura primero y mantiene una mayor presión hidráulica que el fieltro en la fase 1. Por consiguiente, el agua fluye del papel al fieltro, disminuyendo el contenido de agua en el papel. La máxima eliminación - de agua del papel se obtiene cuando la presión hidráulica en el fieltro es cero, es decir, cuando el fieltro no se ha saturado. Para mantener una baja presión hidráulica en el fieltro, el - agua que éste ha absorbido debe eliminarse en el equipo individual de secado del fieltro, como lo son las prensas de succión del fieltro o las cajas de succión del fieltro. No obstante el fieltro llega a saturarse.

En una prensa plana toda el agua expulsada tiene que ser - pasada por el fieltro fuera de la zona de contacto en dirección de su viaje. Esto significa altas velocidades de flujo y distancias de flujo, con los correspondientes altos gradientes de presión hidráulica y de presión de empapamiento. Si se sobrepasa -

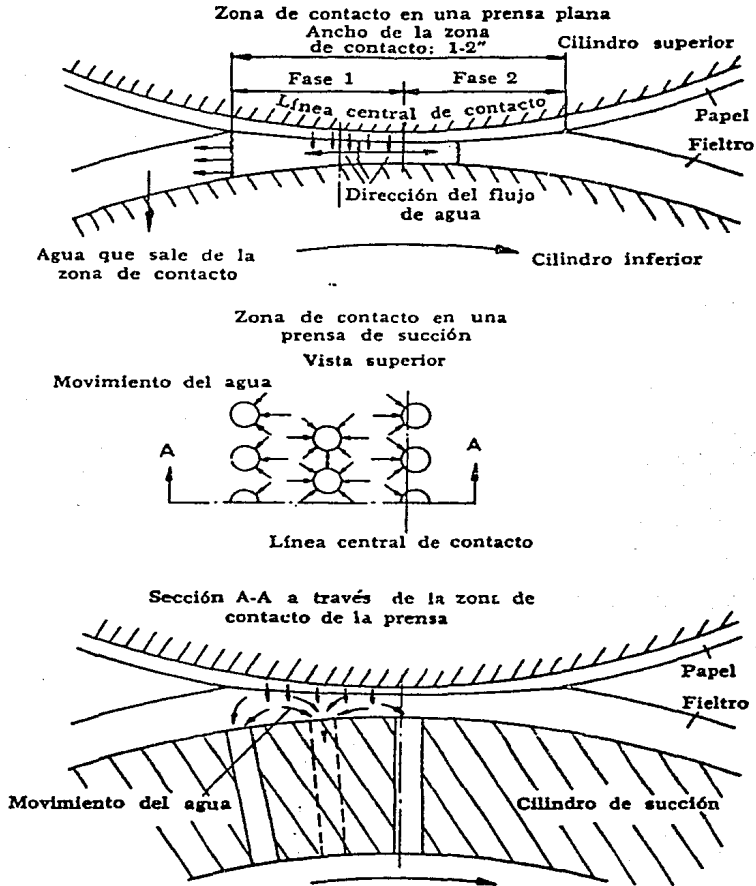


Fig. 3.9 Zonas de contacto en prensas plana y de succión.

la resistencia del papel, su estructura se destruye y ocurre el llamado "aplastamiento". El punto de aplastamiento fija para cada prensa el límite de eliminación del agua.

En la prensa de succión el agua se comprime hacia los agujeros que se mueven con el fieltro. A su vez, esto ocasiona una reducción substancial en la resistencia al flujo debida a menores cantidades y distancias de flujo. Esto hace posible tener - mayores presiones y velocidades de máquina, antes de llegar al límite de aplastamiento. Los factores que dan un contenido bajo de humedad a la salida de la fase 1 son: altas presiones lineales en la zona de contacto; anchos pequeños en la zona de contacto, es decir. rodillos duros y fieltros con poca compresibilidad; y fieltros abiertos con baja resistencia al flujo, altas temperaturas y velocidades bajas.

En la fase 2, tanto el fieltro como el papel se expanden - creando, entre las fibras interfases agua - aire. Las fuerzas capilares resultantes redistribuyen el agua dentro y entre el papel y el fieltro, de los capilares más grandes a los mas pequeños. En la superficie de contacto, el agua siempre fluye del fieltro a los capilares mas pequeños del papel. Como este es un fenómeno de superficie, el efecto es más pronunciado en los papeles delgados. El rehumedecimiento del papel es menor mientras mas pequeña es la zona de contacto, mayor la velocidad de la máquina, y menor la diferencia en estructura capilar entre el fieltro y el papel. Por tanto, para la fase 2 son mejores los fieltros densos con compresibilidad limitada. Para retener el agua, el fieltro debe tener elasticidad. Para evitar un rehumedecimiento innecesario el papel se debe separar directamente - del fieltro después de la zona de contacto.

En las fases 1 y 2 la función del fieltro es soportar el papel y actuar como un medio de drenado.

La fase 3 cubre la eliminación del agua expulsada de la -

prensa. En una prensa plana el agua pasa de la zona de contacto hacia un recipiente, o es absorbida por el fieltro y eliminada de él por succión y/o prensado. En una prensa de succión, a baja velocidad de máquina, el agua se va con el aire hacia el sistema de succión, y a la velocidad alta es extraída hacia una charola. El rehumedecimiento del fieltro se evita colocando la charola cerca del fieltro en el lado de la salida de la zona de contacto y una cuchilla contra el cilindro de la prensa en el lado de la entrada.

La eliminación de agua se facilita a temperaturas más altas, debido a la disminución en la viscosidad y en la tensión superficial del agua. En papeles pesados, como el "liner" kraft y el cartoncillos para envases de alimentos, este principio se usa extensamente en prensas calientes en donde la hoja se calienta en una pequeña sección de secado antes de la operación final de prensado.

Los fieltros son factores de importancia en el contenido de humedad del papel. La mejor eliminación de agua se obtiene con fieltros de baja compresibilidad y densidad medianamente alta. Sin embargo, en casos de altas velocidades y flujos, se prefieren fieltros mas abiertos, especialmente en donde la obstrucción del fieltro es un problema.

La humedad con que el fieltro entra a la prensa es importante, ya que influye fuertemente en las condiciones hidráulicas de la zona de contacto. Por consiguiente, el rehumedecimiento del fieltro se debe reducir al mínimo. Si se usa equipo de lavado, el fieltro se debe secar cuando menos al mismo contenido de humedad que tenia al salir de la prensa.

La sección de prensas debe pasar la hoja del modo mas seguro posible, de la sección de formación de la hoja hacia la de secado. La figura 3.8 muestra el paso libre de la hoja entre el cilindro de retorno de la tela y las prensas. Este procedimiento

to es standard para máquinas de velocidades bajas y medianas, y que hacen papeles y cartones resistentes.

A altas velocidades y bajos pesos base, y también, en general, para papeles muy delgados, el papel se debe soportar. El método común consiste en pasar la hoja sobre un fieltro. Si el fieltro levanta la hoja usando solamente fuerzas capilares, se dice que la hoja es "soportada sin succión"; si se emplea succión, se llama "soportada con succión". Un fieltro para soportar la hoja sin succión debe tener una superficie muy densa y lisa, y debe trabajarse muy húmedo. Este método se usa en máquinas y carboneras y con frecuencia también en máquinas de papeles ligeros.

En máquinas mas rápidas, las fuerzas capilares no son suficientes para asegurar un paso estable de la hoja, y por consiguiente, se utiliza succión. El paso de la hoja con succión constituye actualmente un equipo standard en las rápidas máquinas para el papel periódico. La succión se aplica mediante un cilindro de succión por la parte interior del fieltro, en donde el fieltro toca a la tela. Para mantener el papel sobre el fieltro se usan fuerzas capilares; en consecuencia, estos fieltros también deben tener una superficie densa y fina, aunque son mas ligeros, mas secos y mas abiertos que los fieltros de soporte sin succión.

Para reducir al mínimo las reventadas de la hoja y evitar las pegaduras en ciertos tipos de papel, el material del cilindro que no lleva fieltro en la prensa se debe seleccionar de modo que tenga poca adhesión. Por esta propiedad, para papel periódico se usa granito. En máquinas de papel kraft se usan unos cilindros especiales recubiertos con hule, llamados cilindros de fácil despegamientos.

La lisura de la superficie de la prensa tiende a nivelar la superficie del papel. Para obtener la acción alisadora requere-

rida se usan diversos arreglos de prensas. La prensa de paso --recto con cilindro inferior de succión, alisa el lado superior - del papel. Para igualar el lado de la tela se usan prensas re--versibles en las que el papel pasa por ellas en dirección contra--ria a la fecha de fabricación. Las instalaciones modernas de --prensas, para alisar el lado de la tela, consisten en prensas de paso recto con cilindro superior de succión, por lo que se lla--man prensas invertidas. Después de la sección de prensas, a me--nudo se instala una prensa de lisura, la cual consiste en dos ci--lindros sólidos, sin fieltro.

La estructura del tejido del fieltro puede ocasionar en la hoja impresiones, llamadas marcas de fieltro. Por consiguiente, los fieltros para papeles finos de impresión tienen una superfi--cie muy lisa. Los papeles corrientes usan fieltros mas ásperos.

El sombreado, o sea, el dibujo de los agujeros de succión - que ocasionalmente se observan en el papel, se debe a la diferen--cia en el contenido de humedad del papel al pasar sobre los tala--dros del cilindro de succión y a los movimientos del papel causa--dos por los gradientes de presión en dirección a los agujeros. El sombreado se reduce al mínimo usando fieltros mas finos y mas voluminosos, cilindros de prensa mas suaves, cilindros de suc--ción con agujeros mas pequeños, o usando prensa plana, con pren--sa de fieltro por separado, en lugar de prensa de succión.

El papel húmedo de la sección de prensas, con un contenido aproximado de humedad de 65 a 68%, se pasa por medio de una se--rie de cilindros calentados a vapor, de 48 a 60 pulgadas de diá--metro y se seca hasta contener aproximadamente 6% de agua, ó 94% de fibra seca. El número de secadores se determina por la canti--dad de agua que se va evaporar, sobre la base de una evaporación estimada de 2 lb. de agua por hora, por pie cuadrado de superfi--cie total de secador. Esta cifra variará de acuerdo con la pren--sión del vapor, el tipo de papel, el contenido de humedad, y las

condiciones generales de operación.

El papel se mantiene firmemente contra los cilindros secadores por medio de un fieltro de algodón, llamado fieltro de secador, el cual también ayuda a pasar el papel a lo largo del banco de secadores.

En la figura (3.10) muestra un conjunto de secadores dividido en dos secciones, teniendo cada una su propio fieltro superior e inferior. Las transmisiones para estas secciones normalmente están habilitadas para variar la velocidad y permitir el encogimiento conforme al papel se seca. El fieltro absorbe agua de la hoja húmeda, especialmente en el extremo húmedo de la sección de secadores, y requiere secadores de vapor para ayudar a eliminarla. Tanto el fieltro superior como el inferior tienen cada uno un secador de fieltro sobre la cara que esta en contacto con el papel, secador que se localiza inmediatamente antes de que el fieltro regrese hacia el extremo húmedo, además, en dicha figura se muestra otro secador de fieltro, tanto arriba como abajo, después del tercer secador, que hace contacto con la cara -- del fieltro que lleva el papel para secarla antes del cuarto secador.

Al principio del banco de secadores existe un pequeño secador de aproximadamente 24 pulg., de diámetro, llamado cilindro "baby", que se usa para guiar el papel de las prensas hacia el primer secador inferior.

El transportador Sheehan, que consiste de dos cables que corren en una ranura del lado de operación de los secadores, sirve para pasar la llamada guía a través del banco de secadores. En operación, el conductor de la máquina "corta" sobre la tela fourdrinier una tira de unas 6 pulgadas de ancho utilizando un chorro fino y móvil de agua a presión ("huzachè"). Esta guía es pasada por los fieltros de prensa a través de prensas húmedas, con ayuda manual en los claros, o tiros, 6 es extraída entre los dos

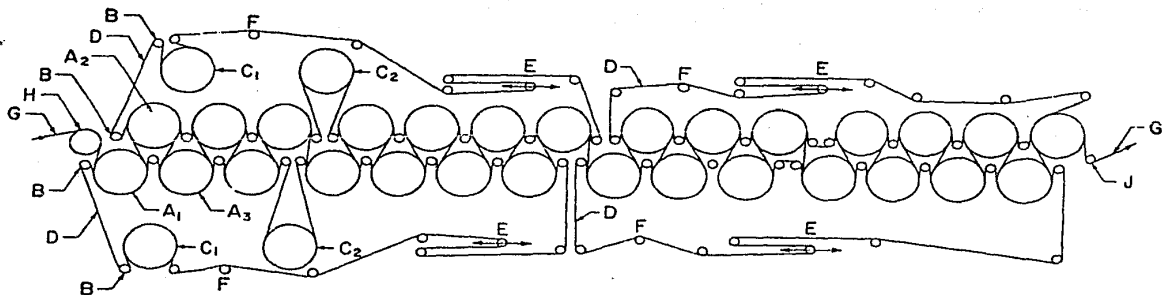


Fig. 3.10 Banco típico de secadores. A, secadores; B, Rodillos del fieltro; C, Secadores de Feltro; D, Feltro de Secadores; E, Restiradores del Feltro; F, Guías del Feltro; G, Papel; H, Secador Guía o "baby", y J, Rodillo Amortiguador.

cables convergentes, justamente enfrente del secador "baby". -- Después de que la guía ha pasado apropiadamente por los secadores, el "huzache" se corre lentamente sobre la tela a lo ancho de la hoja húmeda, hasta hacer gradualmente el ancho de la guía igual al del papel.

Entre el último secador de la calandria se localiza un rodillo amortiguador para aboserber cualquier pequeño cambio en tensión y evitar que la hoja, que puede estar quebradiza en este -- punto, se rompa. Este es un pequeño rodillo "loco", cuyas chumaceras están montadas sobre resortes en un soporte circular para permitir el movimiento en cualquier dirección.

El cartón pesado se seca en secadores de vapor, de tamaño -- standard, pero sin filtro. La tensión de la hoja es lo suficientemente grande para mantener con firmeza el cartón contra el secador y tener una buena transmisión de calor. Los cartones ligeros podrían tener fieltros inferiores pero no superiores.

La figura (3.11) ilustra una sección típica de secadores en dos niveles, seguida por una sección vertical. Los secadores de máquinas cartoneras a menudo están dispuestos en tres y ocasionalmente hasta en cuatro niveles.

La fuerza secadora es la diferencia de presión de vapor entre el agua que se va a evaporar y el aire circundante. La presión del vapor de agua es la correspondiente a su temperatura. La presión del vapor de agua del aire se determina por su punto de rocío. El punto de rocío en la película superficial de aire (capa limitante) es siempre mayor que en la gran masa de aire circundante, aunque ésta diferencia pueda ser reducida considerablemente mediante un movimiento rápido del aire en la superficie del agua.

En el secado a base de aire exclusivamente, la superficie -- húmeda adquirirá una temperatura cercana a la del bulbo húmedo --

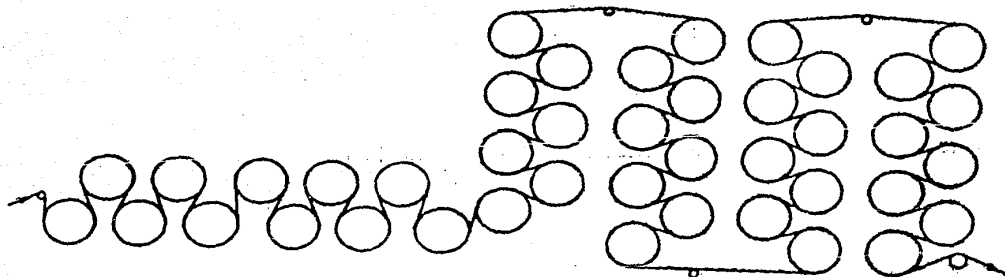


FIG. 3.11 Máquina de Cartón. Secciones de secadores en dos niveles seguida por una sección vertical.

del aire y mantendrá dicha temperatura siempre y cuando haya suficiente agua para conservar húmeda la superficie, o durante lo que se denomina el período de secado constante. A medida que el agua superficial se evapora, es reemplazada por agua que migra - por acción capilar del interior de la hoja de papel o de pulpa. Cuando esta migración no es suficiente para conservarse con la - evaporación retrocede hacia el interior de la hoja. Este es un proceso mas lento de secado y se denomina el período de veloci-- dad decreciente, porque entonces al vapor de agua se le dificul-- ta mas pasar a través del espesor seco cada vez mayor. Cuando el aire se aplica por los lados de la hoja, el secado en ambos - lados será igual, la migración también será igual, y, conforme - el secado progresa, el gradiente de contenido de agua será simé-- trico, con su concentración mas alta en el plano central de la - hoja.

El uso de varios secadores permite la evaporación de agua - de la hoja caliente a medida que esta pasa de secador en secador, de modo que no todo el vapor tiene que pasar a través de la hoja para escapar de ella. Si a través o dentro de los espacios exis-- tentes entre la hoja y los secadores se fuerza una corriente de aire, ésta contribuirá a efectuar la evaporación. El calor la-- tente requerido proviene, en su mayor parte, de la propia hoja y al mismo tiempo, le produce una disminución en su temperatura, - por lo que la hoja necesita recalentarse en el siguiente secador

En una máquina de papel, el propósito del fieltro de seca-- dor es mejorar la transmisión de calor del secador caliente ha-- ciá el papel. Dicho fieltro es un mal necesario porque se suma a la resistencia del vapor para pasar a través de la hoja de pa-- pel y que entonces tiene que pasar a través del fieltro secador para llegar al aire. En el extremo húmedo, un fieltro apropiada-- mente acondicionado absorberá agua de la hoja y retendrá dicha - agua hasta que sea evaporada por un secador standard de fieltro, localizado entre secadores, o por un secador standard de fieltro y un sistema de aire caliente, localizados en el viaje de retor--

no del fieltro. Al pasar el fieltro sobre el rodillo del fieltro que queda entre secadores, se evapora algo de agua de la cara del fieltro que queda en contacto con el papel.

Un fieltro de secador debe por consiguiente, tener resistencia para sostener el papel firmemente contra el tambor, absorbenza para recoger y retener agua, y porosidad para permitir el paso del vapor de agua.

La función básica del calandreado es reorientar las fibras superficiales en la hoja de papel o el recubrimiento aplicado sobre su superficie, ya sea por compresión, por fricción o por la combinación de ambas. La diferencia primordial entre el supercalandreado y todos los otros tipos de calandreado es que en ésta superficie de la hoja se alisa por presión y su reflectancia óptica se altera por fricción.

Existen muy diversos tipos de calandrias, tales como: las calandrias intermedias, calandrias alisadoras, calandrias de máquina y supercalandrias; y si bien podría parecer que se está tratando de una etapa compleja de la fabricación de papel, se debe aclarar que en todos los casos el principio básico del calandreado se mantiene y que el término que califica a esta operación simplemente indica la posición de la calandria en el proceso de fabricación de papel.

Mecánicamente, existe muy poca diferencia entre los diversos tipos de calandrias, ya que normalmente están colocadas en posición vertical y tienen un conjunto de rodillos, chumaceras, sistemas de presión y controles eléctricos.

Las calandrias intermedias se usan normalmente en la industria del cartoncillo; su función primordial es aplanar los grupos existentes en el cartoncillo, los cuales han sido originados ya sea por falta de refinación en las pulpas o por los ingredien

tes de baja calidad empleados en algunas cargas. También se utilizan para controlar todos los rodillos, están equipados con cu-chillas.

La diferencia principal entre las supercalandrias y todos - los otros tipos de calandrias, consiste en que en lugar de tener un conjunto completo de rodillos de hierro enfriado, las supercalandrias tienen, alternadamente, rodillos con relleno de fibra.

Este tipo de calandria puede tener desde cinco hasta dieci-seis rodillos. En cualquier caso, el rodillo de abajo está fa-bricado de hierro enfriado, y hacia arriba se van alternando ro-dillos con relleno de fibra. La única excepción a esto se tiene cuando la calandria se utiliza para acabar ambos lados del papel en un solo paso. Entonces, dos rodillos con relleno de fibra - se colocan juntos a modo de voltear el lado de la hoja que se haba estado encontrando con la superficie de hierro enfriaod. Este arreglo de rodillos para el doble acabado de la hoja se puede encontrar por sistemas de tanteos, hasta producir un acabado ba-lanceado en ambos lados del papel.

La supercalandria es el único tipo de calandria que no está directamente en tándem con la máquina de papel, y su trabajo mas que una función del proceso de fabricación de papel, se considera normalmente una operación del departamento de acabado. Este cambio en localización hace necesario que la supercalandria tenga sus propias unidades de desarrollo o enrollado, y que en - - ambos casos, la selección de dichas unidades sea prácticamente - ilimitada.

En términos generales, los desenrolladores se hallan locali-zados ya sea a nivel del piso o en un entrepiso. Los enrollado-res se encuentran a nivel de piso y pueden ser del tipo de enro-llado central con flecha, enrolladores de tambor o enrolladores de revólver.

Las actuales calandrias de alta velocidad requieren controles automáticos de aceleración y de compensación de tensión; por consiguiente, las calandrias modernas tienen un complicado sistema eléctrico de control.

La operación de la supercalandria es considerablemente diferente de las de otros tipos de calandrias. Problemas tales como el marcado de rodillo de fibra, temperatura correcta del rodillo, y densidades apropiadas del relleno de fibra, son en extremo importantes y tienen un gran efecto en la calidad de la hoja acabada.

En términos generales, debido a las restricciones eléctricas impuestas en muchos tipos de dispositivos de enrollado, se acostumbra usar enrolladores de superficie, conocidos vulgarmente con el nombre de enrolladores tipo Pope.

Este tipo de enrolladores consiste de: 1.- un tambor de gran diámetro, cuya velocidad periférica se sincroniza con la transmisión principal de la máquina de papel, y 2.- unos brazos de acero a cada extremo del tambor, con silletas dentro de las cuales ajustan las chumaceras del carrete de enrollamiento. En el enrollado, dicho carrete se baja sobre la superficie del tambor y por contacto, gira a la misma velocidad que este.

Conforme se va llegando al diámetro deseado, el rollo que se está formando se cambia a una nueva posición y se monta otro carrete sobre los brazos de acero. En el momento preciso, unos chorros de aire rompen las hojas y otra vez la fricción hace que el papel se empiece a enrollar sobre el nuevo carrete.

IV. PERSPECTIVAS SOCIOECONOMICAS DE LA PRODUCCION Y USOS DEL PAPEL.

La sustitución de fibras vírgenes se aplica fundamentalmente en la fabricación de papeles para empaque y envoltura, habiéndose logrado buenos resultados, porque la calidad de los papeles no se ha deteriorado; la sustitución se limita cuando los papeles requieren resistencias muy grandes que solo pueden lograrse con fibras celulósicas vírgenes. Los resultados positivos que se han obtenido en México en materia de uso de papel reciclable en la producción de papeles, así como imaginar lo que sucederá en el futuro sino se realizan a mediano plazo, proyectos para plantaciones comerciales orientadas a la producción de celulosas con economías de escala, que permitan producir papel a costos competitivos internaciomalmente y que hubiese necesidad de seguir incrementando el uso de material reciclable de papel mejor conocido como desperdicios.

El grupo de Papeles para Empaque en México, es el de mayor producción dentro de la industria productora en el país con el 52.91% del total de papel fabricado en 1985.

Como se puede notar en el cuadro No. 1, y utilizando la clasificación de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y del Papel (CNICP), la producción de papel para empaque fué de 1'294,994 ton. en 1985, seguida en importancia por la fabricación de papel de escritura e impresión (incluyendo el destinado a Periódicos y Libros de texto) con 782,926 ton. (31.99%): continuando con el rubro de sanitario y facial con 306,828 ton. - - (12.54%). La producción total de papel en este año fué de - 2'447,765 toneladas.

En lo referente a Antecedentes Históricos de producción se puede notar en cuadro No. 2; que el papel para empaque muestra - un índice de crecimiento anual del 5.4%, reduciendo su participación relativa dentro del total de producción de papel de 62% en 1976 a un 52.9% en 1985. Este índice de crecimiento se presenta como el de menor dinamismo dentro de los grupos representativos de la producción papelera. Para dar una presentación mas clara de estos índices de crecimiento, considero necesario dividir el rubro genérico de Papel para empaque en los tres segmentos específicos que se utilizan para fines estadísticos y de estudio en la CNICP.

En el desglose de Sacos, bolsas y envolturas por tipo de - papel se encuentra que el único con crecimiento en el período -- analizado es el de Papel para sacos, del 55.22% en 1976 al - - 72.37% en 1985 de participación relativa en el subsegmento referido. En el papel para bolsas se nota una reducción de 12,323 - ton. y que por ende, reduce su participación del 16.99% al 9.40% con un decremento anual del 1.2%, asimismo, en lo que se refiere a papel de envoltura, también se nota una reducción importante - de 13,631 ton. en el período analizado, para un decremento anual del orden de 4.3%.

CUADRO 1

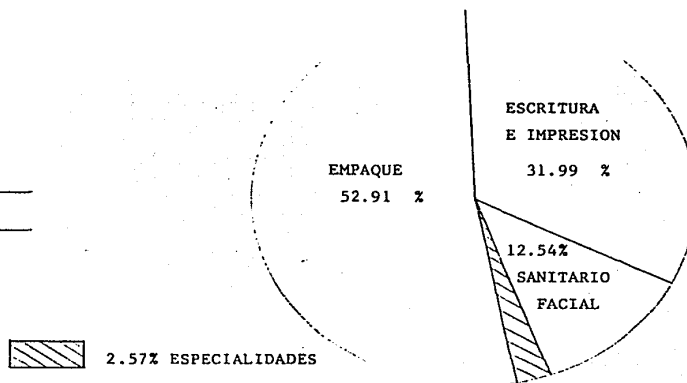
PRODUCCION TOTAL DE PAPEL

1985

CLASIFICACION POR GRUPO

| <u>GRUPO DE PAPEL</u> | <u>VOLUMEN TONELADAS</u> |
|-----------------------|--------------------------|
| Escritura e Impresión | 782,926 |
| Empaque | 1'294,994 |
| Sanitario y facial | 306,828 |
| Especialidades | 63,017 |
| T O T A L | 2'447,765 |

PARTICIPACION RELATIVA



CUADRO 2

PRODUCCION DE PAPEL POR TIPOS
(Toneladas Mécnicas)

| TIPOS | AÑOS | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 |
|--------------------------------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1. PARA ESCRITURA E IMPRESION | | | | | | | | | | | |
| 1.1 Papel | | 316017 | 360934 | 397017 | 454041 | 500030 | 499312 | 515408 | 561307 | 600037 | 728423 |
| 1.1.1 Afino y copia | | 7502 | 6219 | 7716 | 8460 | 11766 | 13178 | 22951 | 4014 | 5751 | 7776 |
| 1.1.2 Bond | | 193115 | 183131 | 207838 | 236232 | 270119 | 279740 | 292022 | 292022 | 332170 | 332797 |
| 1.1.3 Ediciones | | 19147 | 15744 | 20748 | 27034 | 27000 | 23700 | 11604 | 15637 | 4850 | 3275 |
| 1.1.4 Recubierta | | 47444 | 51622 | 53748 | 56975 | 49093 | 37664 | 33236 | 38940 | 52785 | 64700 |
| 1.1.5 Puncado | | 16204 | 80464 | 83430 | 84975 | 115734 | 124446 | 125463 | 157023 | 198734 | 274235 |
| 1.1.6 Libros de texto | | 17475 | 14564 | 24307 | 36513 | 27518 | 29621 | 41478 | 40171 | 65247 | 49200 |
| 1.2 Cartulina | | 32470 | 32989 | 36411 | 46712 | 50845 | 56009 | 61955 | 47412 | 48374 | 47803 |
| 1.2.1 Sin recubrim. | | 26550 | 20511 | 30175 | 33081 | 40733 | 42006 | 26813 | 29571 | 26000 | 26154 |
| 1.2.2 Recubierta | | 5920 | 4477 | 6236 | 13631 | 17912 | 12023 | 12841 | 12765 | 12765 | 16649 |
| Subtotal | | 349007 | 393922 | 434220 | 501253 | 559675 | 565311 | 577423 | 603319 | 708411 | 786706 |
| 2 EMPAQUE | | | | | | | | | | | |
| 2.1 Papel | | 665140 | 722318 | 780095 | 827537 | 882760 | 895779 | 890525 | 944910 | 954968 | 1028161 |
| 2.1.1 Sacos | | 117632 | 123296 | 133768 | 174690 | 120633 | 153044 | 152787 | 167140 | 158640 | 181204 |
| 2.1.2 Bolsas | | 36186 | 36667 | 37423 | 35640 | 27213 | 44297 | 46482 | 34906 | 34906 | 27863 |
| 2.1.3 Envoltura | | 50207 | 64548 | 69765 | 67855 | 65979 | 51591 | 45280 | 44422 | 47264 | 49376 |
| 2.1.4 Cajas lineal | | 319072 | 347615 | 376405 | 400300 | 447184 | 432729 | 442643 | 494704 | 496056 | 566217 |
| 2.1.5 Corrugado | | 132043 | 150292 | 164754 | 193692 | 216131 | 212166 | 206875 | 192682 | 217402 | 221791 |
| 2.2 Cartoncillo | | 169753 | 166069 | 175910 | 191150 | 226219 | 223060 | 215065 | 208243 | 243191 | 292663 |
| 2.2.1 Duños sin recubrim. | | 21195 | 10293 | 15683 | 20177 | 21615 | 20139 | 16811 | 14409 | 11595 | 10276 |
| 2.2.2 Duños recubierta | | 104628 | 117891 | 122916 | 136375 | 162747 | 122000 | 170204 | 159795 | 171966 | 181199 |
| 2.2.3 Gris | | 32730 | 37885 | 36401 | 34508 | 24577 | 30033 | 23060 | 27593 | 24168 | 17341 |
| 2.2.4 Cartoncillo "sacos" | | | | | | | | | | | |
| comestibles | | | | | | | | | | | |
| Subtotal | | 874023 | 809797 | 977095 | 1013687 | 1100479 | 1119659 | 1100330 | 1153153 | 1198159 | 1294994 |
| 3 SANITARIO Y FACIAL | | | | | | | | | | | |
| | | 112491 | 126324 | 145483 | 167363 | 183834 | 223665 | 247921 | 245677 | 272678 | 306828 |
| 4 ESPECIALES | | | | | | | | | | | |
| 4.1 Glassine | | 4607 | 5396 | 3307 | 3201 | 2564 | 4826 | 7363 | 4418 | 4290 | 4056 |
| 4.2 China | | 2378 | 2076 | 1076 | 2204 | 1486 | 700 | 1093 | 160 | 1504 | 1950 |
| 4.3 Otros | | 37473 | 37011 | 42970 | 48617 | 40365 | 45872 | 51363 | 54064 | 54548 | 57059 |
| Subtotal | | 44458 | 44423 | 47366 | 54022 | 44415 | 51419 | 54799 | 58242 | 80431 | 63117 |
| TOTAL | | 1330922 | 1453656 | 1582074 | 1731425 | 1896403 | 1960264 | 1906472 | 2061791 | 2226779 | 2447765 |

FUENTE: Datos de las fábricas

Se considera que las causas fundamentales de este comportamiento obedecen, en lo referente al papel para empaque, a lo siguiente:

Analizando el cuadro No. 3, se puede observar que para sacos, bolsas y envolturas se tiene el crecimiento menos dinámico, con un índice de crecimiento compuesto anual de 0.7% a lo largo del período, seguido en importancia por el cartoncillo con un crecimiento anual del 6.3% y papel para cajas con el 6.9%. Dadas estas diferencias en el crecimiento, es importante observar como cambian las participaciones relativas de cada uno de estos segmentos durante el período 1976 - 1985, pasando el de sacos, - bolsas y envoltura de un 25.82% en 1976 a un 19.41% en 1985; a su vez, el cartoncillo se incrementó a un 19.99% y el de cajas - de un 54.81% al 60.6%, sin embargo, y otra vez, debido a la mezcla de tipos de papel, es necesario hacer una nueva subdivisión para poder profundizar en el comportamiento que han observado es tos tipos de papel que se presenta en el cuadro no. 4.

La fabricación de este tipo de papel se encuentra íntimamente ligada al crecimiento de la actividad económica, y específicamente al de la construcción. Es conocida la crisis que ha afrontado la economía nacional a partir de 1982 y por ende la pérdida del dinamismo que ha tenido la construcción. Aunado a lo anterior, es importante la penetración que han tenido los materiales petroquímicos en México. En este caso se refiere específicamente al polipropileno que en el pasado inmediato ha representado - cierto tipo de ventajas competitivas y ha provocado el desplazamiento en el mercado de algunos volúmenes de sacos de papel.

En el caso de los papeles para bolsas, éstos sufrieron una reducción en el volumen, debido sin lugar a dudas, por el mayor uso del polietileno en bolsas, en los establecimientos comerciales.

Se considera que los papeles para envoltura, han sufrido una

CUADRO 3

PRODUCCION DE PAPEL PARA EMPAQUES POR TIPOS

| TIPO | 1 9 7 6 | PARTICIPACION RELATIVA % | 1 9 8 5 | PARTICIPACION RELATIVA % |
|------------------------------|----------------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|
| | VOLUMEN TON | | VOLUMEN TON | |
| Sacos, bolsas y envoltura | 213,025 | 25.82 | 251,343 | 19.41 |
| Papel para cajas | 452,115 | 54.81 | 784,818 | 60.6 |
| Cartoncillo | 159,753 | 19.37 | 258,833 | 19.99 |
| T O T A L | 824,893 | 100 | 1'294,994 | 100 |

CUADRO 4

PRODUCCION DE SACOS, BOLSAS Y ENVOLTURA

| | 1 | 9 | 7 | 6 | 1 | 9 | 8 | 5 |
|------------------|----------------|---|---|------------|----------------|---|---|------------|
| TIPO | VOLUMEN | | | | PARTICIPACION | | | |
| | TON | | | | RELATIVA | | | |
| | | | | | % | | | |
| SACOS | 117,632 | | | 55.22 | 181,904 | | | 72.37 |
| BOLSAS | 36,1386 | | | 16.99 | 23,863 | | | 9.49 |
| ENVOLTURA | 59,207 | | | 27.79 | 45,576 | | | 18.13 |
| T O T A L | 213,025 | | | 100 | 251,343 | | | 100 |

sensible reducción por el mayor uso del polietileno y por la tendencia cada vez mayor del consumidor a preferir productos envasados o de marca, y que por lo tanto no requieren de envoltura al momento de realizarse su venta al consumidor final.

En lo referente a la producción de papel para cajas se presenta el cuadro no. 5. Se puede observar el comportamiento histórico que este ha tenido, que muestra un crecimiento anual - - compuesto del 6.9%. Comprende la producción de papel liner que ha tenido un crecimiento de 6.5% y de Medium, corrugado o semi-kraft, con un crecimiento de 7.7%. Considero que la disparidad entre estos crecimientos obedece a la utilización agregada que - se le ha dado al papel Medium para otros usos que no se emplea - el papel liner, como puede ser el micro-corrugado o flauta E.

El crecimiento de la producción de este papel se encuentra íntimamente ligado al crecimiento del producto interno bruto, como variable que define los niveles de consumo de la economía nacional, comportándose ligeramente arriba del crecimiento que se tenga de este último.

En el cuadro 6 se presenta el comportamiento que ha tenido el cartoncillo, y en él se puede observar que el crecimiento es tá soportado por el Cartoncillo recubierto y por el Cartoncillo Lácteo, registrándose una disminución en el consumo de Cartoncillo sin recubrir.

Por lo que se refiere al Cartoncillo Recubierto, se puede - identificar su crecimiento en la indudable tendencia del consumidor hacia productos envasados y de marca. No obstante, es importante también mencionar la amenaza constante a que se enfrenta - este sector ante la nueva tecnología de envases flexibles de - - plástico.

Al observar el renglón de Cartoncillo Lácteo, o mas propiamente dicho: para "Envases de líquidos comestibles", se encuen--

CUADRO 5

PRODUCCION DE CAJAS

| TIPO | 1 9 7 6 | PARTICIPACION RELATIVA % | 1 9 8 5 | PARTICIPACION RELATIVA % |
|-----------------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
| | VOLUMEN TON | | VOLUMEN TON | |
| Liner | 319,072 | 70.57 | 563,527 | 71.80 |
| Corrugado (medium) | 133,043 | 20.43 | 221,291 | 28.20 |
| TOTAL | 452,115 | 100 | 784,818 | 100 |

CUADRO 6

PRODUCCION DE CARTONCILLO

| | 1 9 7 6 | | 1 9 8 6 | |
|------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|--------------------------------|
| TIPO | VOLUMEN TON | PARTICIPACION RELATIVA % | VOLUMEN TON | PARTICIPACION RELATIVA % |
| Duplex sin recubrir | 21,195 | 13.27 | 10,998 | 4.25 |
| Duplex recubierto | 104,628 | 65.49 | 191,439 | 73.96 |
| Gris | 33,930 | 21.24 | 17,341 | 6.7 |
| Cartoncillo liquido | | | 39,055 | 15.09 |
| T O T A L | 159,753 | 100 | 258,833 | 100 |

tra el inicio de su producción a partir de 1983 duplicándose en 1985 al llegar a 39055 tons. Independientemente del objetivo -- primario, de sustituir importaciones, se presenta un futuro verdaderamente promisorio para este tipo de Cartoncillo, el cual se encontrará en relación directa con los avances tecnológicos y de mercado que tengamos en el país en los próximos años.

CONCLUSIONES

La fabricación de papel para empaque se encuentra estrechamente ligada a la actividad económica, sobre todo a la de la construcción que se ha visto disminuída con las crisis que ha afrontado el país. Junto con esto también es importante el incremento que ha tenido el uso de materiales plásticos que han desplazado en el mercado a algunos volúmenes de bolsas de papel.

Para el cartoncillo recubierto su crecimiento es debido a que el consumidor prefiere los productos envasados, aunque se debe hacer notar que aquí también el plástico lo puede desplazar con envases flexibles.

Para el cartoncillo recubierto su crecimiento presenta un futuro promisorio, pues se encuentra en relación con los avances tecnológicos y en el mercado para los próximos años.

En México el uso de materias primas fibrosas secundarias (desperdicios) ha tenido una fuerte participación en el total del material fibroso utilizado en la fabricación de papel. Este auge ha sido motivado, principalmente por el bajo precio de este insumo y los faltantes tradicionales de celulosas.

La industria de los celulósicos se encuentra comprometida con el gran volumen de importaciones de celulosa, papeles y sus materias primas. Pero especialmente está comprometida con las importaciones de desperdicios de celulosas de madera, aún cuando hablando en términos claros y estudiando a fondo los problemas, todavía es largo el camino por recorrer para una solución satisfactoria a los problemas de la industria de las celulosas, los cuales no podrán resolverse a corto plazo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Lenz, Hans.
El papel a través de los tiempos.
Asociación Mexicana de Técnicos de las Industrias de la Celulosa y del Papel, A.C.
México, D. F., 1975.
- 2.- Libby, C. Earl.
Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel. Vol. I y II
C.E.C.S.A.
México, D. F., 1968.
- 3.- Shreve, R. Norris.
Industrias de Procesos Químicos
Editorial Dossat, S. A.
Madrid, 1954.
- 4.- Celulose e Papel
Tecnología de Fabricacao do papel
SENIA. IPT.
Sao Pablo, Brasil, 1982.
- 5.- Investigación y Técnica del papel.
Asociación de Investigación Técnica de la Industria
Papelera Española
Urpe, S. A., 1978.
- 6.- Memoria estadística 1986.
CNICP "Cámara Nacional de las Industrias de La Celulosa
y del Papel"
México, D. F.
- 7.- Las Industrias de la Celulosa y del Papel en México.
Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos
Noviembre de 1982.

- 8.- Memoria del IV Congreso Latinoamericano de Celulosa y Pa
pel.
México, 1986.
Mayo 19 - 24.
- 9.- Revista de la Asociación Mexicana de Técnicos de las
Industrias de la Celulosa y del Papel, A.C.
Mayo - Junio, 1965; Noviembre - Diciembre, 1965;
Mayo - Junio, 1974; Septiembre - Octubre, 1975;
Enero - Febrero, 1976; Julio - Agosto, 1980.