

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**Experiencia profesional en la
Industria del Papel**

Por:

Miguel Angel Montoya Ramírez

Memoria

**Presentada como requisito parcial para obtener el Título de
Ingeniero Agrónomo en Horticultura.**

Torreón, Coah. octubre , 1999

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



Experiencia Profesional en la Industria del Papel

COMITE DE ASESORIA

**M.C. Armando Luévano González
Asesor principal**

**Dr. Alfredo Aguilar Valdés
Asesor**

**M.C. Luis Felipe Alvarado Martínez
Asesor**

Torreón, Coah. Octubre de 1999.

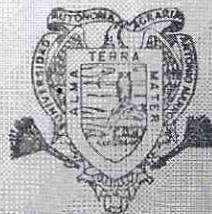
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Experiencia Profesional en la Industria del Papel

Memoria que se somete a consideración del H. Jurado examinador, como requisito parcial para obtener el Título de Ingeniero Agrónomo en Horticultura

APROBADA POR:



Ing. Víctor Martínez Cueto
Coordinador de la División
Regional de Carreras Agronómicas.

COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS
UAAAN UL

MC. Armando Luevano González
Asesor principal

Torreón, Coah. Octubre de 1999

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Experiencia Profesional en la Industria del Papel

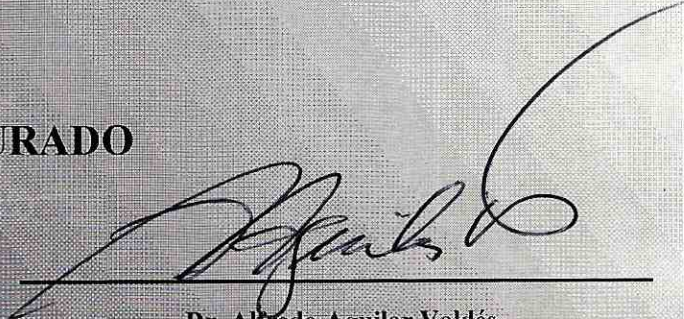
JURADO


M.C. Armando Luevano González

Presidente


M.C. Ibañas de la Cruz Álvarez

Vocal


Dr. Alfredo Aguilar Valdés

Vocal


M.C. Luis Felipe Alvarado Martínez

Vocal suplente

Torreón, Coah. Octubre de 1999.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ix
AGRADECIMIENTOS	x
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. OBJETIVOS.....	3
III. LA EXPERIENCIA PROFESIONAL.....	4
1. Introducción.....	4
2. Fabricación de papel reciclado tipo Kraft.....	8
2.1. Recepción y clasificación de materia prima.....	8
2.1.1. Patio de materias primas.....	8
2.1.2. Área de material fibroso.....	9
2.1.3. Área de productos químicos.....	9
2.2. Central de pastas.....	10
2.2.1. Preparación de fibra o materia prima.....	10
2.2.2. Desintegración de la fibra.....	10
2.2.3. Factores que afectan la desintegración.....	11
2.2.4. Equipo utilizado para desintegrar la materia prima.....	12
2.2.5. Batido y refinación de la pasta o pulpa.....	13
2.3. Mezcla de materias primas.....	13
2.3.1. Medición del tamaño de la fibra.....	14
2.3.2. Métodos de medición de la fibra.....	15
2.3.3. Prueba de libertad de drenado.....	15
2.3.4. Consistencia.....	17
2.4. Operación y control de equipo desintegrador.....	17
2.4.1. Hidrapulper.....	17
2.4.2. Refinador.....	18
2.5. Flujo de alimentación a la máquina.....	19
2.5.1. Control de flujo de pasta.....	20
2.5.2. Limpieza de pasta.....	21
2.5.3. Rageer.....	21
2.5.4. Pulper pera o secundario.....	21
2.5.5. Depurador de alta consistencia.....	21
2.5.6. Depurador horizontal belcor.....	22
2.5.7. Limpiadores Vortex.....	22
2.5.8. Zarandas.....	23

2.5.9. Espesadores.....	24
2.6. Máquina Fourdrinier.....	24
2.6.1. Caja de entrada.....	24
2.6.2. La regla.....	25
2.6.3. Sección de formación.....	28
2.6.4. Rodillos de mesa.....	28
2.6.5. Cuchillas de succión.....	29
2.6.6. Cajas de succión.....	29
2.6.7. Rodillo cabeza.....	30
2.7. Revestimiento de la sección de formación.....	31
2.7.1. Tejido.....	32
2.7.2. Diseños de tejido.....	32
2.7.3. Acabado.....	34
2.7.4. Diseño y aplicación de la tela.....	34
2.7.5. Marca de la tela.....	34
2.7.6. Transferencia de la hoja de la tela a la sección de prensas.....	35
2.8. Sección de prensas.....	35
2.8.1. Prensa de succión.....	36
2.8.2. Características del fieltro.....	38
2.8.3. Construcción del fieltro.....	39
2.8.4. Parámetros del fieltro.....	40
2.8.5. Acondicionamiento del fieltro.....	40
2.8.6. Tipo de papel Kraft.....	41
2.9. Sección de secado.....	42
2.9.1. Secado por cilindros.....	42
2.9.2. Filtros y tejidos secadores.....	44
2.9.3. Eficiencia de secado.....	45
2.10. Transmisión de la máquina.....	46
2.11. Calandrado.....	47
2.12. Embobinadora.....	48
IV. CONCLUSIONES.....	49
V. BIBLIOGRAFÍA.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Canadian Standard Freenes Tester.....	16
Figura 2.	Hidrapulper.....	18
Figura 3.	Flujo de alimentación.....	23
Figura 4.	Formación por velocidad.....	27
Figura 5.	Máquina Fourdrinier para papel.....	30
Figura 6.	Telar tejedor simple.....	33
Figura 7.	Prensa de succión.....	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación del material.....	9
Tabla 2.	Mezcla de materia prima.....	14
Tabla 3	Estándares de Freenes.....	19
Tabla 4.	Revestimiento de la sección formadora.....	32

DEDICATORIA

A mis padres

A mis hermanos

A mi esposa e hijos

A todos ellos, por su comprensión y apoyo

AGRADECIMIENTOS

A mi Dios, por la oportunidad maravillosa de vivir.

Al MC. Armando Luévano González

Al MC. Luis Felipe Alvarado Martínez

A mis profesores

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” por permitirme entrar al campo del conocimiento.

A todos ellos gracias.

I. INTRODUCCIÓN

La fecha de egreso de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, fue en diciembre de 1983, generación 59 de la Especialidad de Horticultura.

Al pretender ingresar a laborar en alguna de las dependencias o sociedades del medio rural tanto públicas como privadas, me encontré serias dificultades para poder colaborar y desarrollar los conocimientos adquiridos. Por lo que se trabajo en el negocio familiar por algunos años.

En marzo del año de 1989 ingrese a la empresa denominada Corporación de papeles Técnicos y Especiales S. A. de C. V. localizada en Tlalnepantla Estado de México. En la cual ingrese como Analista de Laboratorio y posteriormente me desarrolle como Jefe de Control de Producción, hasta el día 24 de septiembre de 1990.

Como Analista de Laboratorio, mi función básicamente consistió en realizar todas las pruebas de control de calidad, tanto a las materias primas como al producto terminado. Entre las más importantes se tiene el determinar la humedad del cartón usado como materia prima, clasificarlo, determinar la calidad de los productos químicos usados en la fabricación de papel, entre ellos el sulfato de aluminio, ácido sulfúrico, encolante interno, almidón etc.

Como Jefe de Control de Producción, mi función consistió en programar la fabricación del papel que el cliente a través del departamento de ventas ordenaba. Formulaba la mezcla de materiales que nos proporcionaría las especificaciones requeridas, establecer las condiciones de operación de máquina, controlar el suministro y existencias de materias primas, programar al personal de operación para los turnos de trabajo, establecer un programa de mantenimiento y control de vestiduras, atender las reclamaciones de los clientes y modificar las condiciones de operación acorde a los nuevos requerimientos del cliente, etc. Todas estas funciones se realizaban coordinadamente con el Departamento de Ventas, de Embarques, Mantenimiento Mecánico y la Gerencia.

El 3 de octubre de 1990 ingrese a la empresa denominada Empaques Modernos San Pablo S. A. de C. V. localizada en San Pablo Xalpa Municipio de Tlalnepantla Estado de México. En la cual labore como jefe de turno ó supervisor de maquinas, ocupándome posteriormente del departamento de procesos. Hasta el día 15 de octubre de 1996.

A partir del 16 de octubre y hasta la fecha me desarrollo como profesor de física y química, en el sistema de secundarias técnicas en el estado de México.

II. OBJETIVOS

El presente trabajo tiene como objetivo narrar las experiencias profesionales en el trabajo que el autor ha desarrollado desde su egreso de la Universidad hasta la fecha. Profundizando en la operación y control del equipo que constituye la maquina de papel. Tipo Fourdrinier. Especialmente en la producción de papeles Kraft, fabricados con fibra reciclada o secundaria, también conocida como fibra de desperdicio.

Dicha información, pretende servir de consulta en algún trabajo o investigación de quien o quienes estén interesados en la materia. Se pretende plantear las principales condiciones y características del equipo involucrado en la fabricación de papel. Así como de los principales problemas que se presentan en el proceso de producción de papel reciclado tipo Kraft.

III. LA EXPERIENCIA PROFESIONAL

1. Introducción.

El primer papel inventado en China por Ts'ai Lun, se hacía a mano. Los papeles hechos a mano ocupan todavía un lugar importante en los países orientales y tienen también demanda en Europa y Norteamérica, principalmente por su tejido distintivo estético y especial. Sin embargo mucho del papel se hace a velocidades relativamente elevadas, en máquinas integradas, caracterizadas por su configuración en cuanto a la sección húmeda, siendo las más comunes las Fourdrinier y las máquinas de cilindros.

Por lo general están formadas por un sistema de distribución de pasta y una sección de tela en la que se forma la hoja, una sección de prensas en donde la hoja se comprime, un extremo seco formado por una sección secadora y una sección calandradora en la que la hoja se seca y se pule.

Actualmente en el ámbito mundial el desarrollo tecnológico y las condiciones ambientales han cambiado en forma considerable, marcando la pauta de los nuevos diseños industriales en general.

En la industria papelera también se han presentado cambios en cuanto a diseño y equipo, y es objeto de las nuevas políticas en materia ambiental, estas condiciones han dado origen a nuevos y mejores equipos de producción.

En el aspecto de tratamiento de fibra, en los años 50 aun se trataba la fibra en los batidores conocidos como pilas holandesas, el tratamiento de la fibra tardaba de 2 a 4 horas dependiendo del tipo de fibra y el grado de refinación. Posteriormente salieron al mercado varios y diferentes equipos como el molino chileno, hasta el hidrapulper moderno, el cual tiene mayor capacidad de producción.

En la operación de la industria papelera es necesario que el personal encargado este debidamente capacitado, ya que son una gran cantidad de variables las que se involucran en el proceso productivo y es necesario que el personal conozca las causas de los diferentes problemas que se presentan en la operación, y puedan determinar las alternativas de solución más acertadas. En el pasado la información técnica de los equipos de proceso, se desconocía siendo privilegio de solo unos cuantos, hoy en día, la capacitación técnica es muy importante en la eficiencia del proceso productivo.

El papel de los años 70 en términos generales era fabricado con pulpa o fibra 100% virgen, es decir la fuente de materia prima era la pulpa producto de la tala de árboles, esta práctica ocasionó una gran deforestación de bosques en el mundo, de tal forma que agravó los problemas ambientales hoy relacionados con el calentamiento del planeta. Esto dio origen a que en muchos países se aplicaran leyes para la protección ambiental. Dando origen a que la industria papelera encontrara en el reciclado una fuente de materia prima, y esto dio origen al desarrollo de un nuevo equipo que es capaz de eliminar las impurezas que la fibra secundaria trae adheridas.

En la actualidad las condiciones económicas y ecológicas han modificado las fuentes de materia prima de la industria mundial en general, y en particular la papelera. Los industriales se han visto en la necesidad de reciclar, esto trae como consecuencia beneficios ecológicos y económicos a la población en general.

En la industria papelera en particular el reciclado trae varios beneficios muy importantes: el primero es el hecho de que la tala inmoderada de árboles y por consiguiente de bosques se reduzca, lo que representa una disminución en los severos daños que se hace al medio ambiente; También evita mayor acumulación de basura por la recolección de papel y cartón; genera empleos por que, mantiene a un número considerable de personas en forma permanente en labores de recolección, representando una forma de limpieza para el medio y de empleo para las personas que realizan esta actividad.

El proceso de la fibra secundaria, de desperdicio o de fibra reciclada, se lleva a cabo usualmente en el Departamento de Preparación de Pasta de la fábrica, El uso de la fibra secundaria es una rama del sistema de obtención de materia prima, y su éxito depende en gran medida del aspecto económico de su obtención. Se han desarrollado muchos procesos especializados y piezas de equipo para producir pulpa con fibra secundaria, entre ellos los equipos de limpieza para separar la basura que se encuentra en el cartón y papel ya usado.

El agua blanca de la fábrica de papel, ya sea en bruto o clarificada, se recicla también al Sistema de Preparación de Pastas, pero la reunión y clarificación del mismo forman parte del sistema de tratamientos del afluente.

La obtención y manejo del suministro de materia prima, bien sea en pacas, o a granel constituyen una rama del manejo de materiales.

En años pasados la industria papelera no trataba los afluentes descargaba en ríos o en los drenajes municipales, ocasionando con esto grandes problemas a la ecología, perjudicando la flora y fauna de la región en donde se localizaba.

La contaminación del agua es sin duda una de las preocupaciones de todos los gobiernos y de la población en general, la industria papelera es sujeto de múltiples reglamentos y en algunos casos no es permitido que los afluentes sean descargados al drenaje si estos no cumplen con ciertas condiciones establecidas en reglamentos estatales, respecto a los contenidos de contaminantes o partículas nocivas para el medio ambiente.

El objetivo de los esfuerzos para controlar la contaminación es dejar inalterable el medio ambiente natural. La contaminación puede definirse como la introducción en una masa de agua de sustancias con características nocivas y en tal cantidad que la calidad natural del agua es tan alterada que resulta perjudicial para la vista, el gusto o el olfato. Actualmente es posible gracias a los adelantos técnicos, depurar el agua contaminada y dejarla en condiciones en que puede ser reintegrada a la naturaleza, con la certeza de que no afectara a los seres vivos que la utilicen o la consuman.

En el presente trabajo se desarrolla una panorámica general en cuanto a la operación y control de la máquina de papel, así como de las principales características de los equipos y de las condiciones de operación más adecuadas para un mejor control y funcionamiento.

De las opciones que la Universidad tiene para la obtención del título profesional, he seleccionado la modalidad de memorias de trabajo, por considerar que la experiencia que se ha adquirido en mi desempeño como profesionalista, es obtenida fuera del área de Preparación escolar, ya que como pasante de Ingeniero Agrónomo no fue posible colocarse para poder desempeñar nuestra profesión.

Fue en el área de la Ingeniería Química, específicamente en la Industria Papelera en donde se tiene la oportunidad de desarrollo, no fue fácil, pero con la preparación obtenida en la Universidad se logro la tomar las oportunidades que se presentaron.

Por esto considero que mis experiencias en un campo profesional muy diferente, pueden ser de utilidad, ya que un Agrónomo en una Industria Química o Papelera es algo no muy usual, y más extraño resulta el hecho de que trascienda en su desempeño. Por esto considero que mis memorias pueden servir a los futuros profesionistas que estudian en ésta nuestra Universidad, mostrándoles de alguna manera, que las oportunidades de desarrollo profesional no se limitan solo a nuestro campo.

El sector papelerero es una industria de capital intensivo, en nuestro país da empleo directo a unas 18 000 personas y genera un empleo indirecto superior a 90 000 puestos de trabajo.

La industria papelerera emplea como materias primas papel recuperado y celulosa virgen procedente de la madera de los árboles. Anualmente utiliza en promedio 5 millones de toneladas de papel recuperado y 3.4 millones de toneladas de celulosa.

Con una producción de papel y cartón de más de 8.4 millones de toneladas, México ocupa el quinto productor en América, tras E. U. A., Canadá, Brasil, y Venezuela.

Dentro de la amplia y variada gama de productos papeleros, la producción total de más de 8 millones de toneladas se distribuye del modo siguiente: 4.4 millones de toneladas de papel para embalajes. 1 millones de toneladas de papel para escritura e impresión, 0.7 millones de toneladas de papel higiénico y sanitario, 0.6 millones de toneladas de papel para prensa, 1.3 millones de toneladas de papel de otros tipos.

El consumo de papel en México es de 8.5 millones de toneladas, manteniendo un ligero equilibrio entre la producción y la demanda.

La exportación de papel y cartón supera el millón de toneladas, los principales destinos de las exportaciones son: E.U.A., y Canadá. Sobre todo como embalaje de productos manufacturados.

Las importaciones se realizan en el área de materias primas, en productos como celulosa virgen, y de cartón de desperdicio para el reciclaje de papel.

2. Fabricación de papel reciclado tipo Kraft.

A diferencia de muchas de las industrias químicas, la industria del papel tiene su origen en la antigüedad. El conocimiento y los métodos para la fabricación del papel pasaban de mano en mano entre grupos selectos en un intento por conservarlos tan secretos como fuera posible, costumbre que ha seguido aplicándose hasta los tiempos modernos. Como consecuencia de ello, nuestros conocimientos han aumentado lentamente y algunos procesos se aplican hoy con pocos cambios con relación a los usados por el fabricante medieval. En los últimos años se ha terminado con esta tendencia gracias a la intervención de las Universidades en donde se ha preparado personal capacitado.

La fabricación del papel es considerada como un proceso continuo con un gran número de variables a controlar, razón por la cual es considerado como un proceso de operación muy problemático. Por lo que hace necesario conocer las características de operación de los equipos para poderlos controlar mejor su fabricación.

2.1. Recepción y clasificación de materia prima.

El proceso de fabricación de papel usando como materia prima el cartón y papel reciclado, debe de contar con un sistema de abastecimiento de material muy eficiente, ya que este determina en gran medida las velocidades de operación de maquina. Muchas empresas cuentan con sistemas de abastecimiento que incluyen Empresas proveedoras de materias primas dentro de su organización comercial. Con la finalidad de asegurar el suministro de sus insumos productivos.

2.1.1. Patio de materias primas.

Son áreas grandes, su tamaño varía en función de la capacidad de abastecimiento de materia prima y de la producción de la empresa. En promedio se consideran de 2 500 a 3 500 metros cuadrados y con una altura de estiba de 5 metros, de preferencia techados para evitar problemas de humedad en época de lluvias. En este lugar se tiene dos divisiones de insumos:

- Area de material fibroso.
- Area de productos químicos.

2.1.2. Área de material fibroso.

En este lugar se almacenan los diferentes materiales fibrosos la gran mayoría de ellos producto de la recolección, estos se clasifican de acuerdo a la cantidad, calidad y tamaño de la fibra, para lo cual se toma una muestra y se analiza en laboratorio, determinando así la Clasificación de la fibra. La superficie destinada para esta área es el 90 % de la superficie del patio de materias primas y el 10 % restante lo forma el área de productos químicos.

Esta clasificación es del dominio del medio papelero y usada por los proveedores y por el personal encargado de materias primas, el precio de la materia prima varía en función de la clasificación y calidad de la misma.

Al recibir la materia prima es inspeccionada con la finalidad de determinar la humedad que contiene, ya que esta no debe ser mayor del 10 %. Deberá determinarse también la cantidad de impurezas que contenga, para lo cual se aplicará un factor de corrección manejado en cada empresa. La materia prima se almacena por secciones, contando con una para cada material; evitando se mezclen para aprovechar las características de cada uno, al realizar la fórmula de molienda.

Tabla 1. Clasificación del material

Material	Tamaño de fibra	Drenado	Impurezas
Cartón americano de primera	larga	800- 750 C.C.	10%
Bolsa americana de primera	larga	750- 700 C.C.	10%
Cartón americano de segunda	larga	750- 700 C.C.	20%
Cartón nacional modelo	intermedia	650-550 C.C.	20%
Cartón nacional ordinario	corta	600-500 C.C.	30%
Bolsa nacional	corta	600-500 C.C.	30%
Cartón Taiwan	muy corta	400-300 C.C.	20%
Revoltura (revista y periódico)	muy corta	400-300 C.C.	20%

Fuente: Asociación de técnicos y productores de papel, ATPP México D. F.

2.1.3. área de productos químicos.

En este lugar se almacenan los materiales químicos que se usan en el proceso de producción, el almacén esta dividido en secciones y corresponde una a cada producto, con la finalidad de evitar contaminaciones entre los mismos.

Los productos químicos más usados en la fabricación del papel Kraft son; el sulfato de aluminio, la resina o el encolante interno, almidón, microbisidas, dispersantes, polímeros, etc. Es de suma importancia contar con las existencias necesarias, con la finalidad de que no se agoten en forma inesperada, sobre todo los fines de semana, ya que una falta de dosificación perjudica la producción y la calidad del producto.

Cuando se reciben los productos químicos es necesario realizar un muestreo para que el departamento de control de calidad compruebe que el producto cumple con las normas de calidad establecidas por la industria química y las leyes correspondientes.

2.2. Central de pastas.

En esta área se prepara la pasta para alimentar a la máquina, la inversión en estas operaciones es considerable, se requiere de equipo de proceso muy costoso y de personal capacitado para operarlo y dichas operaciones son esenciales para que el papel producido reúna las especificaciones correctas.

Los procesos que se realizan en esta área se presentan en dos secciones:

- Preparación de la fibra o materia prima
- Flujo de alimentación a la máquina.

2.2.1. Preparación de la fibra o materia prima.

El procesado de la fibra secundaria o papel de desperdicio se realiza en el departamento de Preparación de pasta conocido como central de pastas, su éxito depende en gran medida, del aspecto económico para la obtención del equipo más adecuado, en este campo se han desarrollado procesos y piezas de equipo especializado para producir pulpa con fibra secundaria.

2.2.2. Desintegración de la fibra.

El objetivo principal del proceso de desintegración consiste en producir fibras de papel (pulpa) suspendidas en agua, las cuales se puedan bombear a los procesos siguientes: Es importante que las fibras no formen flóculos o bolas de pasta que se mantengan distribuidas uniformemente.

Este objetivo rara vez se logra por completo en el proceso de desintegración, gran parte de la pasta en suspensión contiene bolas pequeñas de pulpa no desintegradas. En el proceso de depuración o en el proceso de refinación estos flóculos serán desintegrados. Por lo general estos haces de fibra se retienen en el molino hasta que han sido suficientemente dispersados, para continuar adelante en el proceso y puedan pasar a través de las placas de descarga o platinas.

2.2.3. Factores que afectan la desintegración.

La consideración principal para el logro de los objetivos de desintegración y batido de la fibra consiste en realizarlos con un costo mínimo. Son varios y diferentes los tipos de equipos que se utilizan con esta finalidad y el factor más importante en la selección es el consumo de energía.

a) Contenido de fibra del material

El contenido de fibra base seca que contiene el cartón y papel reciclado, por lo general es de un 90 %, cuando más alto es el contenido de fibra, más prolongado será el tiempo de desintegración y mayor consumo de energía. En el caso de la fibra secundaria puede considerarse una desventaja el uso de éste como materia prima en la fabricación de papel por el contenido de humedad de tan solo 8 %.

b) Forma física de la materia prima

Se suministra en pacas de distinto peso, de 50, 80, 100, 400, 500, 700 kg y a granel siendo esta presentación la de consumo inmediato, el peso de las pacas determina la sección de almacenamiento y el control del material.

Largo de la fibra. El tamaño de la fibra es muy importante, por que al formular la mezcla de material se está seleccionando la longitud de fibra y la cantidad de la misma, de tal forma que determinamos con esta sencilla práctica de energía utilizada en la refinación, además de las características y propiedades del papel.

Consistencia de descarga. La consistencia que usualmente se requiere para bombear y refinar la pasta es de 4 a 6 %, Se deben evitar las variaciones, por que éstas ocasionan que la operación del proceso se salga de control. Ocasionando que no se tenga una refinación o drenado de la fibra uniforme, y esto afecta la operación de la maquina, la cual se manifiesta

con roturas de la hoja de papel, variación del nivel de drenado en la tela (conocido como espejo de la mesa), mayor consumo de vapor etc.

2.2.4. Equipo utilizado para desintegrar la materia prima.

No se intenta aquí describir en detalle la construcción de los hidrapulper, sólo se examinarán los principios operativos de los equipos en los cuales se adquirió experiencia.

Tanques y rotores.

Son equipos cuya función principal es la de desintegrar y batir la pulpa o fibra, están formados principalmente por un tanque, una platina perforada y un rotor. Existen diferentes tipos y tamaños de tanques, en función de la necesidad de la planta, el rotor varía en cuanto al tamaño y forma, el más común es el que se localiza en el fondo del tanque, de modo que las pacas al caer hacen contacto con el rotor y esto facilita una desintegración más rápida de las pacas de cartón.

Algunos modelos tienen placas estacionarias montadas cerca del rotor con la finalidad de ayudar en la desintegración y batido. Algunos otros utilizan camisas de vapor con inyección del mismo, con la finalidad de calentar la materia prima y facilitar su desintegración.

Con frecuencia se dispone de un transportador para facilitar la carga continua de material. también se cuenta con un regulador de consistencia el cual controla la válvula que suministra el agua para diluir la pasta y controla el suministro de material, regulando la operación del transportador, manteniendo la consistencia en un rango de 4.5 a 5.5 % de materia seca. Se dispone de un control de nivel el cual está interconectado a la válvula de descarga del hidrapulper manteniendo un nivel predeterminado de pasta, con la finalidad de evitar variaciones de consistencia.

La descarga se realiza a través de una placa perforada (platina) por lo regular con barrenos de ½ pulgada, los cuales no permiten el paso de materiales gruesos, la platina contiene placas de ancho por 1/8 de pulgada de espesor, las cuales se colocan transversalmente sobre la platina con la finalidad de que el rotor corte los materiales más gruesos.

2.2.5. Batido y refinación de la pasta o pulpa.

El batido es un proceso mecánico el cual consiste en la hidratación y acondicionamiento de la fibra, se realizan por los efectos que tienen sobre las propiedades físicas en la hoja de papel. Las propiedades de la hoja se modifican de manera que la refinación y el batido resultan ser lo más adecuados para el empleo al que se le destina. Por ejemplo; el batido mejora la resistencia a la explosión y la formación de la hoja.

La refinación mejora el fibrilado y aumenta la superficie específica, mejorando la resistencia de la hoja a la explosión, al rasgado y mejora la formación de la hoja.

El batido y refinación también tienen efectos negativos, como una reducción en la fuerza de separación, controlando estos dos factores, se facilita el control de la operación de la máquina, ya que no se tienen variaciones drásticas en la velocidad del drenado de la pasta en la mesa de formación.

Batido.

Se aplica al tratamiento mecánico que se le da a la fibra por cargas en equipos como la pila Holandesa, y actualmente en los hidrapulpers. Este tratamiento incluye el proceso de desintegración, mezcla de los diferentes tipos y tamaños de fibra e hidratación de la misma.

Refinación.

Pueden definirse como el tratamiento mecánico que se aplica a la pulpa en presencia del agua; haciendo pasar la fibra en suspensión a través de un espacio relativamente angosto, entre un rotor giratorio y un estacionario, ambos provistos de barras o cuchillas alineadas según la entrada de alimentación de la materia prima.

Los refinadores pueden disponerse en serie o en paralelo, en forma individual o en batería, y generalmente la operación se realiza en forma continua, con equipo de discos o cónicos.

2.3. Mezcla de materias primas.

La materia prima del papel semiKraft o reciclado son; el cartón y bolsa principalmente, existiendo una gran variedad y calidad desde el punto de vista del contenido y tipo de fibra de que fueron fabricados, y al reciclar esta representa la materia prima la cual modifica las

características del producto terminado, por consiguiente es necesario mantener una buena clasificación y control desde el momento de su recepción y almacenaje, pero sobre todo al mezclarlos para obtener un buen producto terminado.

Sobre la base de esta clasificación (tabla 1) se realizan las fórmulas de las mezclas de materias primas para la molienda, también debe de considerar El tipo de papel que se va a producir.

Las mezclas más comunes de acuerdo con la tabla 2 son:

Tabla 2. Mezcla de materia prima

Tipo de papel	Formulación
Linner 160 a 220 g/m ²	30- 40 % fibra larga
	20-30 % fibra intermedia
	50-40 % fibra corta
Linner 220 a 320 g/m ²	35-45 % fibra larga
	30-40 % fibra intermedia
	35-25 % fibra corta
Corrugado 130 g/m ²	50-60% fibra intermedia
	50-40 %fibra corta

Fuente: Formulas de procesos de la Fabrica de Papel, Empaques Modernos San Pablo S. A. 1989

Se deben de considerar las siguientes variables, la refinación varía dependiendo de la velocidad de la máquina, a mayor velocidad mayor drenado de la fibra y a menor velocidad de maquina menor drenado, todas estas variables deben de tomarse en cuenta antes de mandar preparar la mezcla de materiales, también debe observarse que es conveniente que exista una diferencia entre el drenado de pasta del molino y el drenado de pasta de los refinadores, de cuando menos 150 C.C. para que se dé un tratamiento adecuado a la fibra y el consumo de energía no aumente demasiado.

2.3.1. Medición del tamaño de la fibra.

En la fabricación de papel es importante mantener un control sobre el tamaño de la fibra y consistencia que se entrega a la máquina, ya que esto nos evitara mayores problemas de operación.

Las muestras de la pasta se toman del tanque de pasta espesada y del tanque de pasta refinada, y los resultados que se obtengan son base de la toma de decisiones para corregir la operación.

Normalmente se tienen estándares en los cuales se debe mantener el freenes y consistencia, éstos se establecen de acuerdo al tipo de papel y máquina que se use; éstos estándares son obtenidos mediante estadísticas de operación que se llevan en cada fabrica, en el Departamento Técnico. La corrección del freenes se realiza en primera instancia aflojando o apretando el refinador, cuando la variación es muy drástica y está sobrepasada la capacidad del refinador, es necesario modificar la fórmula de molienda, es conveniente también modificar las condiciones de consistencia en la mesa de formación, ya que afecta directamente a la velocidad de drenado y Por consiguiente a la operación.

2.3.2. Métodos de medición de la fibra.

Método subjetivo

Por muchos años los trabajadores prácticos utilizaban métodos subjetivos para evaluar el progreso del batido, éstos consistían en tomar un puñado de pasta del molino o refinadores y apretarla entre la mano de forma que el agua se libere, si ésta se elimina rápidamente, se dice que está "libre" si resulta difícil de eliminar se considera que la pasta esta "hidratada" o "engrasada" con ésta practica se daba cuenta del grado de retención de agua que la fibra tiene, pero en una forma subjetiva, no precisa.

2.3.3. Prueba de libertad de drenado.

Los probadores de libertad de drenado y de "humedad" son instrumentos empíricos y patentados de uso común entre los productores de papel, y se utilizan para determinar el grado de batido o refinación e indican la facilidad con que el agua se drena de las fibras, mientras se forma una almohadilla húmeda sobre una placa de drenado del probador. Una pasta "libre" drena rápidamente, mientras que una pasta "hidratada" drena lentamente.

Los instrumentos de uso más generalizado son:

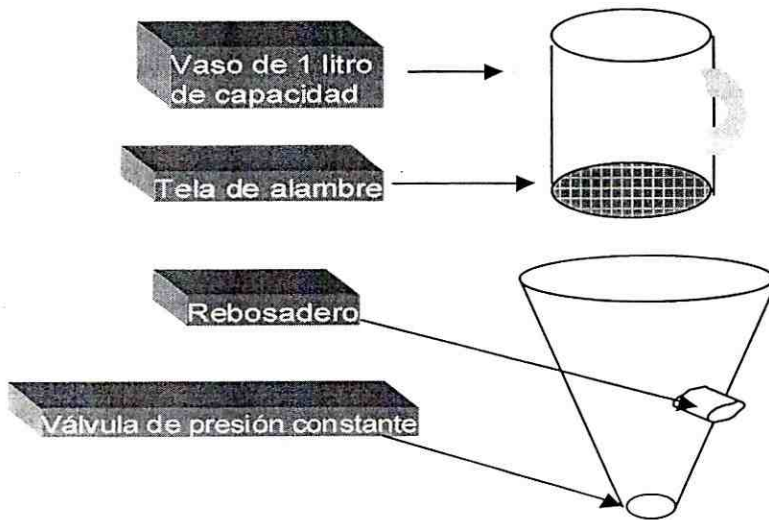
- **El Canadian Standard Freeness Tester.** (CSF) Se utiliza en Norteamérica, Europa, México y la mayoría del resto del mundo. Es usado en la mayoría de las fabricas de papel, está formado por un recipiente superior con capacidad de un litro, en él se deposita la suspensión de agua-pasta y se realiza el drenado a través de una placa o malla estandarizada, esta placa retiene las fibras y se forma la almohadilla.

El agua se drena de la hoja y se acumula en un receptor con forma de embudo, el cual contiene un orificio estándar en el fondo y un rebosadero a un lado con una altura determinada provocando una presión hidrostática constante sobre el orificio. Parte del agua que se drena pasa por el orificio con una velocidad constante y se le conoce como agua de “carrera lenta”. El agua que se drena con mayor velocidad fluye por la salida lateral o rebosadero y se acumula en una probeta de un litro, a esta se le conoce como agua de “carrera rápida” la medición se realiza en centímetros cúbicos y se le conoce como grados C.S.F.

Para realizar la medición se deben observar las siguientes condiciones:

Usar un litro de pasta con una consistencia de 0.3 % y una temperatura de 20 ° C. Para formar una hoja o almohadilla de 3 gramos de fibra secada a la estufa. Si la prueba no se realiza dentro de estos estándares se usa la tabla de corrección por temperatura y consistencia.

La gran ventaja de las pruebas de “libertad de drenado” consiste en que se pueden realizar rápida, simple y fácilmente.



Fuente: Tappi, marzo de 1997

Figura 1. Canadian Standard Freeness Tester

- **El Schopper- Riegler (SR)** Este probador de humedad se usa principalmente en Europa, su diseño es muy similar al Canadian Standard Freeness Tester, la diferencia es que el Schopper Riegler mide el drenado rápido, y el Canadian mide el drenado lento, de la fibra refinada.

2.3.4. Consistencia (C/S).

Se define como la cantidad de fibra seca contenida en la unidad de volumen expresada en por ciento, y es muy importante ya que determinan el control de la refinación y conjuntamente con la consistencia contribuyen en gran medida al control de la operación de la máquina de papel. Esta variable debe controlarse desde los molinos hasta la caja de entrada de máquina.

En los molinos el rango de control de consistencia es de 5.5- 6.5 % y en los refinadores de 4.5-5.5 %, más bajas resultan antieconómicas y más altas se presentarían problemas de taponamientos en las tuberías y en las bombas. La consistencia también afecta el tratamiento de las fibras en la refinación, consistencias bajas acortan el tamaño de la fibra y reducen la fibrilación, disminuyen la superficie específica de la fibra y todo esto afecta las propiedades de calidad del producto terminado.

2.4. Operación y control de equipo desintegrador.

En éstos equipos se aplica el tratamiento mecánico a la fibra, con la finalidad de acondicionarla para que en la tela se realice un buen entretrejido entre las fibras y así formar un papel con las características deseadas. La operación se realiza en dos equipos, el hidrapulper y el refinador

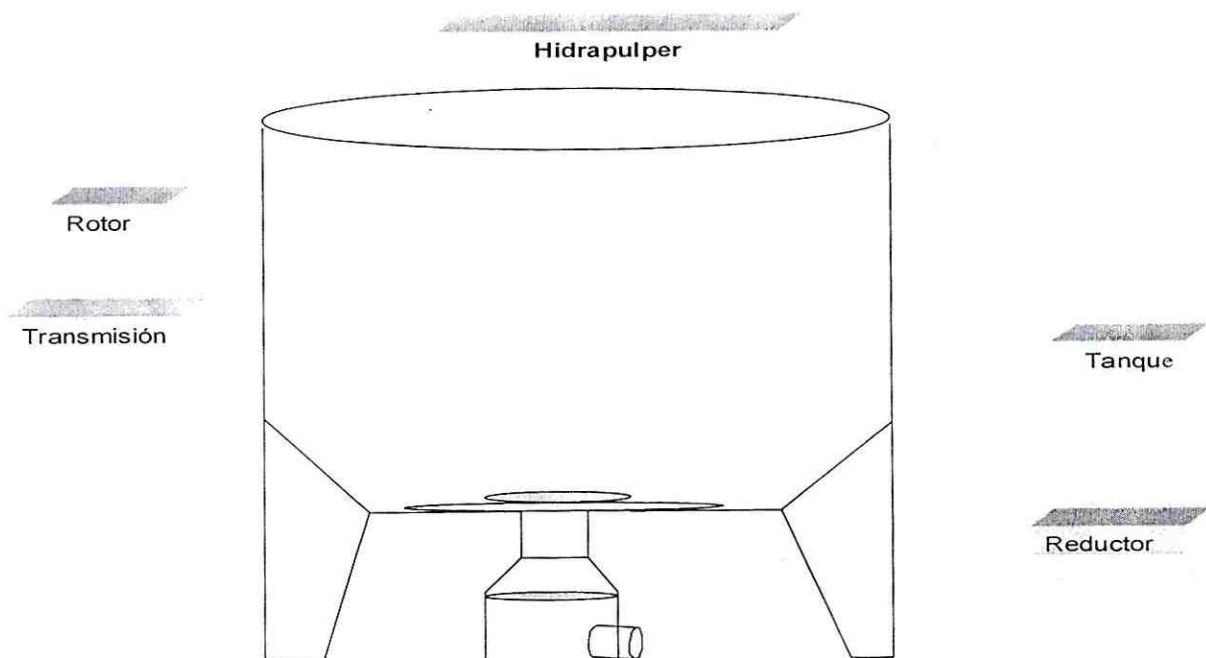
2.4.1. Hidrapulper.

Existen dos tipos de molienda según sea el funcionamiento, operación continua y por cargas, en ambos casos con la misma finalidad, desintegrar, mezclar e hidratar la fibra.

En las fábricas que reciclan, desde el momento en que se carga el molino se realizan labores de control y limpieza, ya que el operador se encarga de mezclar correctamente los materiales que se especifican en las fórmulas de molienda, y de retirar todos los contaminantes que pueda, de dichos materiales ya que por ser producto de la recolección traen una gran cantidad de basura, esto lo realizan ya sea en forma manual o con ayuda de equipos auxiliares de suministro y limpieza, con que estén equipados los hidrapulpers (figura 2).

Las condiciones generales de operación de un hidrapulper son:

- Mantener una mezcla adecuada de las fibras cortas, largas e intermedias, esto se logra respetando la formulación de molienda.
- Conservar una consistencia uniforme de molienda, comprendida entre 5 y 7 %.
- Mantener un nivel adecuado de pasta en los tanques de almacenamiento, como son los tanques de pasta del molino, de pasta espesada y de pasta refinada o de máquina.
- Alimentar el sistema con pasta en cantidad suficiente y lo más limpia posible.



Fuente: Black Clawson Machines y Systemas, Boletín no. 62-SB 1986

Figura 2. Hidrapulper

2.4.2. Refinador.

Se operan con la pasta circulando en forma continua con o sin recirculación, esto significa que el refinador se debe ajustar y operar en forma continua. Para obtener los resultados deseados con un solo paso es necesario controlar el drenado o frenees desde el propio molino, estos controles se realizan en algunas plantas a través de computadora, las variables que se controlan en la refinación son las siguientes.

- La separación entre rotor y estator del refinador.
- La consistencia de la pasta.
- La presión del bombeo.

- La abertura de la válvula de descarga del refinador.
- El consumo de energía que demanda el motor del refinador.
- La presión en la tubería de alimentación al refinador.
- La carga del motor de la bomba de alimentación del refinador.

Existen varios tipos de refinadores siendo los más comunes los cónicos, de disco y los mixtos, todos ellos tienen el mismo objetivo principal del refinado, acondicionar la fibra mediante un tratamiento mecánico, el cual nos permite obtener un papel con las características de calidad deseadas.

La refinación se mide a través de la prueba de medición conocida como freenes, el cual nos indica el drenado de la fibra, esta norma es establecida por el Departamento de Control de Producción o Procesos, dependiendo del tipo de papel que se produzca.

Tabla 3. Estándares de Freenes

Tipo de papel	Drenado de agua	Consistencia
Linner de 220 g/m ²	320 C.C.	4.5 – 5 %
Corrugado de 130 g/m ²	260 C.C.	4.5 – 5 %

Fuente: Formulas de procesos de la Fabrica de Papel, Empaques Modernos San Pablo S. A. 1994

Con una consistencia de refinación de 5 %, esta operación es clave en el proceso por ser el último tratamiento que se le dará a la pasta antes de pasarla a la maquina de papel.

La alimentación de pasta que el refinador recibe proviene del tanque de pasta espesada, y descarga en el tanque de pasta refinada o tanque de máquina, el cual alimenta la bomba fan y ésta a la caja de entrada.

2.5. Flujo de alimentación a la máquina.

Este sistema tiene la función de transportar la fibra y el agua de procesos desde central de pastas hasta la caja de entrada de la máquina. Comprende una serie de equipos y tuberías los cuales forman el sistema de flujo de alimentación y las funciones que este sistema realiza son de gran importancia, entre ellas tenemos:

2.5.1. Control de flujo de pasta.

La importancia de la medición y regulación de la consistencia radica en el hecho de que los flujos son determinados por su volumen y éste determina el tamaño de las bombas, tuberías y la energía que se utilizará en el proceso de bombeo. También es importante conocer el flujo en función de la cantidad de materia sólida que se transportara a través del sistema, ya que esto determina las condiciones de operación de una máquina de papel, como son la velocidad, el gramaje, y la cantidad de vapor necesario para secar el papel.

La consistencia se mide en tres puntos distintos del sistema.

- Pasta espesada.- Se toma la muestra antes de la dilución de la pasta, la cual será tratada por los limpiadores de baja consistencia. El rango de consistencia varía de 5 a 6 % y la refinación depende del tipo de papel que se fabrique.
- Caja de entrada de máquina.- Se toma la muestra a la salida de la caja de formación de máquina, el rango es de 0.4 – 0.7 %.
- Agua blanca.- Se toma la muestra del agua de charolas, generalmente el rango es de 0.4%.

Para medir la consistencia se usa el equipo conocido como CANADIAN STANDARD FREENESS TESTER, drenando un volumen conocido de pasta y posteriormente secando la almohadilla u hoja que se formó, ésta se seca en la estufa y se pesa, el resultado se expresa en por ciento y es conocido como consistencia.

También se mide la consistencia en forma continua usando equipo electrónico conocido como reguladores de consistencia automáticos, ya que estos se encuentran conectados a una computadora. Estos instrumentos realizan la medición sobre la base de las propiedades del flujo.

Estos equipos miden las siguientes propiedades:

- Miden la velocidad del flujo o la pseudoviscosidad.- Estos instrumentos miden la caída de presión mientras el flujo fluye con una velocidad constante por un canal o por un tubo de salida
- Fuerza de corte.- Mide la fuerza necesaria para cortar la red fibrosa la cual fluye por una tubería y pasa por un elemento medidor insertado en el flujo de la pasta.
- La fuerza sobre un elemento giratorio.- mide la velocidad de giro de un elemento insertado dentro de la tubería de alimentación, el cual transmite una señal electrónica.

2.5.2. *Limpieza de pasta.*

En la industria papelera es muy importante que la pasta o fibra que se ha de suministrar a la máquina esté totalmente libre de contaminantes, ya que estos ocasionan que la hoja de papel se rompa y provoquen grandes problemas de operación, por esto la mayoría de las empresas y sobre todo las que reciclan el papel utilizan equipos de limpieza.

En el área de molinos se usan en principio métodos manuales como es que el operador y sus ayudantes retiren todos los hilos, lasos, piedras etc., que les sea posible.

El hidrapulper o molino cuenta con varios equipos auxiliares de limpieza,

2.5.3. *Rageer.*

Es una máquina simple la cual está formada por una rueda dentada de gran peso, descansa sobre una rueda en forma de V también dentada, es accionada por un motor, su funcionamiento es básicamente jalar un alambre de púas, el cual es introducido en el molino con la finalidad de atrapar con él todos los plásticos, hilos, lasos etc., que sea posible y retirarlos del sistema.

2.5.4. *Pulper pera o secundario.*

Este equipo de limpieza es más complejo en cuanto a su funcionamiento y diseño, consiste en una estructura cerrada ubicada por debajo del hidrapulper o molino del cual a través de una válvula superior y por efecto de la gravedad toma la pasta, al momento que ésta penetra en el equipo éste recibe agua suficiente para diluirla y recircular la pasta regresándola de nuevo al molino, para que la fibra regrese de nuevo es necesario que pase a través de una serie de alabes los cuales están separados a $\frac{1}{2}$ pulgada del plato. Por esto los contaminantes más grandes no pasan a través de la pera, realizando así su función de limpieza. Esta operación está controlada en forma automática y cuando termina un ciclo de limpieza la válvula inferior se abre descargando así toda la basura que ha sido separada del sistema. Cabe mencionar que el ciclo de limpieza de la pera dura 30 min. ; Pero este puede ajustarse de acuerdo a las necesidades de operación.

2.5.5. *Depurador de alta consistencia.*

Del hidrapulper se extrae la pasta a través de una bomba centrífuga, la cual manda la pasta a un depurador vertical de alta consistencia conocido como grapero, en el se forma un efecto

de torbellino en su primera fase, en su segunda fase se encuentra controlada por dos válvulas las cuales están sincronizadas para que entre ellas se forme una cámara, la cual se llena de agua para que en ésta se depositen los materiales pesados como grapas, corcholatas, clavos, piedras, arena, cristales etc. Cuando la válvula superior se abre, la inferior permanece cerrada y viceversa, descargando los contaminantes cuando la válvula inferior se abre, estos son retirados hasta el contenedor de basura. La consistencia de pasta que éste equipo utiliza para un mejor rendimiento es de 4-5 % de pasta base seca.

2.5.6. Depurador horizontal belcor.

Este equipo esta formado por un cuerpo cilíndrico dispuesto en forma horizontal y sus dimensiones están de acuerdo a la capacidad de diseño, el rotor y la platina están colocados en el extremo, la platina esta perforada con barrenos de 3/8 de pulgada de diámetro, el rotor es impulsado por un motor eléctrico de corriente continua, detrás de la platina se encuentra la cámara de descarga, enfrente de la platina se ubica la tubería que alimenta de pasta a este equipo y en la parte posterior se encuentra las cámaras de descarga de los contaminantes pesados y ligeros por separado. Los materiales pesados son arrastrados hacia abajo y los materiales ligeros son expulsados por el centro del cuerpo del equipo, en donde se encuentra colocada la válvula de descarga de contaminantes.

Para un buen funcionamiento del Belcor es necesario que se mantenga una diferencial de presión de $\frac{1}{2}$ kg./cm² entre la alimentación y la descarga de pasta, la bomba debe suministrar el caudal necesario con una presión mínima de 4 kg./cm².

Obsérvese que en este equipo el diámetro de los barrenos de la platina es más pequeño, en comparación con los anteriores, lo cual nos indica que la pasta esta más limpia.

2.5.7. Limpiadores Vortex.

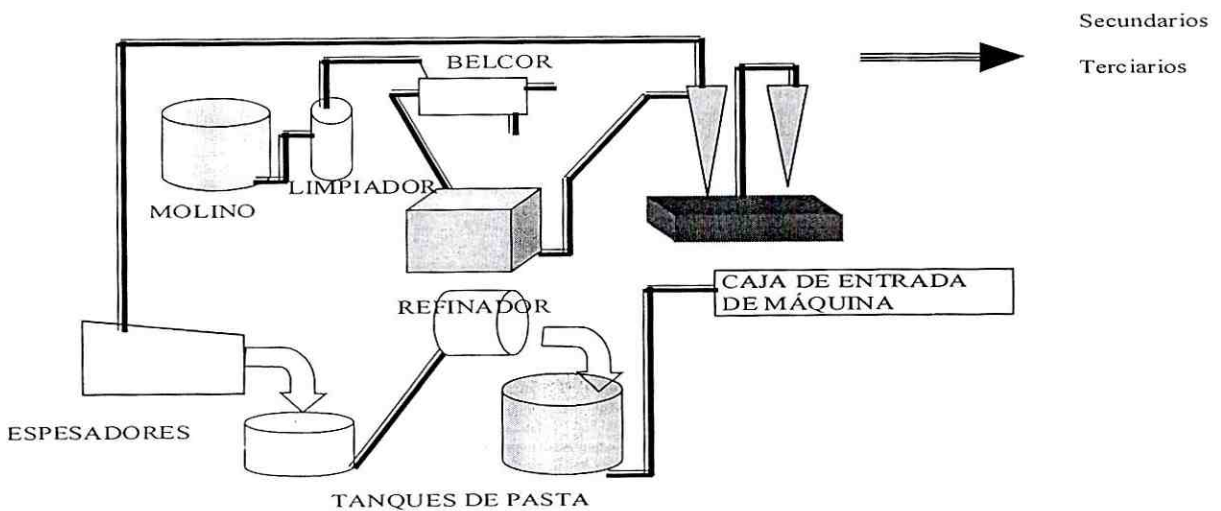
Son conocidos como limpiadores de baja consistencia por que estos limpiadores operan de 0.5-1.0 % de concentración de pasta base seca. Son equipos con forma cónica y alargada, su acometida de pasta se encuentra en la parte superior con entrada en forma lateral y la salida del aceptado esta ubicada en el centro, en la parte superior, el rechazo se encuentra en la parte inferior del cuerpo del equipo. Su funcionamiento es sencillo, la pasta al entrar al

cuerpo del equipo en forma lateral y debido a la diferencial de presión se forma un torbellino, el cual tiene mayor presión en la periferia y menor en el centro, por esto, las partículas contaminantes se trasladan en la periferia y la pasta limpia sube por el centro. Las impurezas son expulsadas por las boquillas que se encuentran en la parte inferior de los limpiadores.

Estos equipos se instalan en baterías, es decir que los rechazos de los limpiadores primarios son tratados por los limpiadores secundarios y los rechazos de los limpiadores secundarios son tratados por los limpiadores terciarios, los rechazos de estos últimos van a una zaranda o criba vibratoria, en estos equipos se extrae parte del agua y un mínimo de pasta considerados como finos.

2.5.8. Zarandas.

La separación de contaminantes mediante el uso de cribas vibratorias. Estos equipos están formados por una placa perforada con barrenos pequeños los cuales van desde 1/8 hasta 1/16 pulgadas de diámetro, dicha placa o criba esta acoplada a un motor el cual permite que la criba se encuentre en constante movimiento, en la parte superior se localiza su alimentación, la cual consiste en los rechazos de los limpiadores terciarios, y en la parte inferior de la criba se localiza la tolva, ésta recolecta el agua que pasar a través de los barrenos, siendo almacenada en un tanque y se usa como agua de fabricación en molinos. Todos los contaminantes que no logran pasar a través de los orificios de la platina son retirados del sistema y depositados en el contenedor de basura.



Fuente: Distribución de Flujo de la Fabrica de Papel, Empaques Modernos San Pablo S. A. 1995
Figura 3. Flujo de alimentación.

2.5.9. Espesadores.

En estos equipos se extrae parte del agua dejando la pasta en un 5 a 6 % base seca, haciendo pasar la suspensión acuosa a través de mallas o cribas que permiten el paso del agua, y la pasta al perder humedad cae por el tanque de espesada. El diseño del equipo consiste básicamente en una placa ranurada, colocada sobre un soporte cerrado en el cual se acopla la tubería que introducirá la pasta con una consistencia del 0.7 al 1 %, la pasta hace contacto con la placa ranurada por la parte superior, y el agua se precipita por las ranuras por efecto de la gravedad, la pasta al perder humedad se espesa más y sobre la malla "rueda" y cae al tanque de pasta espesada. De este tanque pasa a los refinadores para el tratamiento de refinación.

2.6. Máquina Fourdrinier.

Antes de los años 50 la Fourdrinier convencional y la máquina multicilindros eran las fuentes principales utilizadas en la producción de papel y de cartón. Desde entonces han ocurrido muchos cambios en el diseño y operación de las secciones húmedas de la máquina de papel.

2.6.1. Caja de entrada.

El grado y tipo de turbulencia en la caja de entrada es muy importantes por la manera en que afecta la formación de la hoja. Es necesaria una elevada turbulencia para separar los grumos de fibras, pero una vez que éstos han quedado rotos, una reducción en la intensidad de la turbulencia mejora la formación y evita la refloculación. Por lo general, en la caja de entrada el flujo es del tipo de movimiento de masa o de "ebullición", en lugar de ser realmente turbulento, aun cuando los nuevos diseños han dado como resultado una mejora considerable en la creación de turbulencia. Las fibras individuales tienden a pegarse entre sí mecánicamente o por tracción de las burbujas de aire.

Uno de los propósitos fundamentales de la caja de entrada consiste en romper los grumos de la fibra que pueden encontrarse presentes, a la vez se evita que se formen nuevos grumos.

Después de recibir la pasta desde el Sistema de Distribución o tubo principal, la caja de entrada debe entregarla a la regla y a la zona de formación de la tela de la máquina de papel con una velocidad y uniformidad adecuadas; La pasta debe estar mezclada de manera que haya un mínimo de variación en relación con la distribución de las fibras, su consistencia su volumen y su velocidad de flujo. A medida que aumentan las velocidades y anchos de máquina, se han desarrollado nuevos diseños de cajas de entrada, a fin de atender las demandas impuestas por velocidades de máquina superiores a los 250 metros / minuto. Se han aplicado dispositivos tales como enrejados con puntas, placas y rodillos perforados, para lograr la agitación e igualar las imperfecciones en la distribución y velocidad de la pasta.

De todos los dispositivos empleados el rodillo perforado ha sido el más eficiente y útil, en el trabajo de romper los flóculos y mantener una uniformidad en el flujo de pasta.

En la máquina 3 la caja de entrada es cerrada, con presurización, equipada con tres rodillos "matabolas" de velocidad variable, una regla con labio superior formado por 42 mariposas y dispuestos para una formación por velocidad.

El distribuidor de flujo está equipado con una recirculación para mantener una presión constante a todo lo ancho de la máquina. El tubo principal descarga en una fila de 45 tubos con un diámetro de 25 milímetros, distribuidos a todo el ancho de la caja de entrada. El diseño tiene forma rectangular con una sección transversal en descenso lineal y 10 % aproximado de sobre flujo. La relación de velocidad entre el distribuidor y los tubos es de 1:3, con una velocidad máxima de 3 metros/ segundo. Con este diseño es fácil reducir las variaciones de flujo a menos del 1 % a todo lo largo del distribuidor.

2.6.2. La regla.

La regla de la máquina de papel es esencialmente un orificio y está formada por dos labios los cuales son ajustables. En los diseños especiales puede moverse el labio inferior en dirección de la máquina; Los labios de la regla deben ser suaves y de material no corrosivo, para disminuir al mínimo la perturbación de la pasta, cualquier irregularidad en los labios de la regla provoca "ondulaciones" en la tela. Al salir de la regla, la pasta debe chocar ligeramente con la tela más allá de la línea central del primer rodillo, sobre el tablero formador o "forming".

La función de la regla consiste en entregar la hoja de pasta a la tela con el espesor y la velocidad deseados. La abertura de la regla se utiliza para influir en la velocidad de chorro de pasta hacia la tela de la máquina Fourdrinier, y el peso base, la consistencia de la pasta se controla antes de la caja de entrada.

Para realizar sus funciones la regla debe:

- Suministrar un chorro de pasta con velocidad constante a todo lo ancho de la máquina
- Mantener una distribución constante de fibras.
- Suministrar la turbulencia suficiente para mantener las fibras en una distribución aleatoria.

La cantidad que sale por una regla puede calcularse de la siguiente forma:

$$Q = blv$$

En donde Q = descarga en metros cúbicos /segundos, b =abertura de la regla en metros, L = largo de la regla en metros y v = velocidad de la pasta en metros /segundos.

En una caja de entrada abierta la relación de la velocidad y la columna de pasta, situada tras la regla, puede expresarse mediante la siguiente forma:

$$V = C (2gh) / 2$$

En donde V= velocidad de la pasta en metros /segundo, C = constante, igual a 0.95 (coeficiente de la regla), g = 9.8 metros / segundo al cuadrado (aceleración debida a la gravedad) y h = altura de la columna de la pasta detrás de la regla, en metros. La maquina # 3 por ser moderna y de alta velocidad está equipada con una caja de entrada de alta presión cerrada que mantiene la columna requerida de presión sin necesidad de mantener una columna excesiva de pasta. Además el labio superior de la regla esta seccionado en 42 partes, las cuales permiten realizar ajustes de perfil y uniformizar la distribución de la pasta a lo ancho de la hoja. Esto, es posible gracias a un tornillo de cuerda milimétrica que une a la sección del labio con una mariposa, con la cual se logra el ajuste.

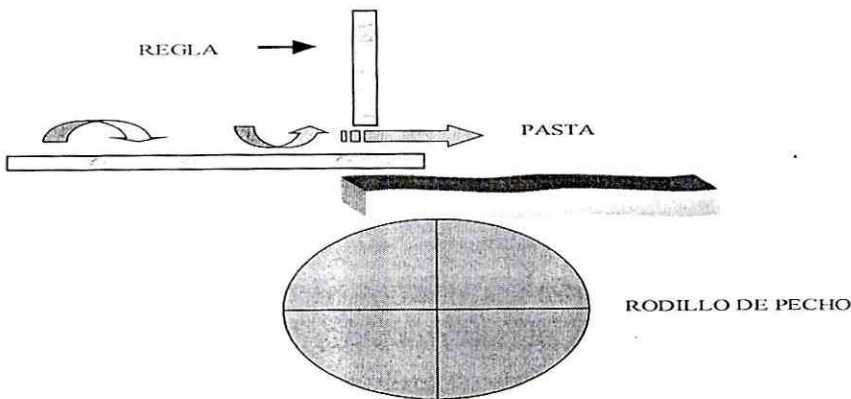
En la regla el labio inferior está situado aproximadamente encima de la línea central del primer rodillo. Si se mueve el labio alto de la regla hacia delante, y se ajusta a un ángulo agudo, se proyecta la pasta hacia abajo con toda la fuerza que suministra la columna de

presión, situada detrás de la regla. Esto se denomina formación por presión, y es eficaz por aumentar la velocidad de la eliminación del agua inicial.

Si los dos labios de la regla se ajustan el uno sobre el otro, y el labio superior se coloca con un ángulo bajo, la regla opera con efecto de lanzadera y proyecta la pasta hacia fuera casi paralela al movimiento de la tela. Esto se denomina formación por velocidad, y es la utilizada en la máquina 3 por obtener mejores resultados en cuanto a la formación y calidad del papel.

La relación entre la velocidad de la pasta que sale de la regla y la velocidad de la tela, determinan la manera en que se forman capas sucesivas en la hoja. Algunos técnicos del papel consideran la diferencia de velocidades entre la pasta y la tela como el factor más importante entre los que afectan la formación de la hoja. Esta diferencia de velocidades chorro-tela afecta también las propiedades de resistencia en dirección de máquina, y transversal, en la retención de los finos y en la liberación de la hoja de la tela. Si la velocidad de tela es notablemente menor que la velocidad de la pasta, las fibras girarán dando por resultado unas ondas de impulso, las cuales se observan fácilmente en la superficie de la tela, cuando la hoja se encuentra con gran cantidad de agua.

Si la velocidad de la tela está muy por encima de la velocidad de la pasta, se formarán ondas en retroceso a través de la hoja, y tendrá lugar un efecto de cardado sobre las fibras. Cuando se desea una distribución uniforme de las fibras, se debe mantener la velocidad de la pasta lo más próxima a la velocidad de la tela.



Fuente: pulpa y papel Química y Tecnología Química vol. II 1991

Figura 4. Formación por velocidad.

2.6.3. *Sección de formación.*

La hoja de papel se forma en la Fourdrinier con una disposición uniforme y bien lograda de las fibras sobre una tela. La sección húmeda o mesa de formación típica de la máquina Fourdrinier se delimita, entre el primer rodillo alrededor del cual gira la tela bajo la regla, las cajas de succión y el rodillo cabezal o de succión, se consideran como la sección formadora en la que queda determinada la formación final de la hoja. Las fibras se depositan como consecuencia de un drenado y succión libres que retiran el agua a través de la tela. Las cuchillas, las cajas de succión, el rodillo cabezal de succión y los rodillos de la mesa se utilizan en las máquinas Fourdrinier para aplicar la succión necesaria para eliminar el agua. Cualquier aumento de succión en estos puntos da por consecuencia una velocidad de drenado mayor y una hoja más compacta.

Cuando la pasta fluye inicialmente sobre la tela, el agua pasa fácilmente por ésta, ya que encuentra una resistencia relativamente pequeña en cuanto al flujo en dicho punto. En la mayoría de las máquinas Fourdrinier se utilizan tableros formadores bajo la tela, entre el rodillo de pecho y el primer rodillo de mesa, en donde se apoya la tela y se retarda un drenado prematuro, esto permite que la pasta avance flujo abajo a partir de la caja de entrada y hace posible disponer de más tiempo para la formación, logrando así un drenado más uniforme.

2.6.4. *Rodillos de mesa.*

Desde hace muchos años se sabe empíricamente que la efectividad de los rodillos de mesa aumentan con la velocidad de la máquina. El desarrollo teórico del drenado en los rodillos de mesa se inició con la proposición hecha por Wrist, quien indicaba que la naturaleza de la succión en los rodillos de la mesa, era semejante al movimiento de un émbolo. Los primeros rodillos de mesa succionan una gran cantidad de agua debido a la gran cantidad de la misma en las primeras etapas de la formación esta agua no es retirada del sistema en su totalidad, de forma que el rodillo introduce de nuevo, agua en el tejido debido a la velocidad de giro del rodillo y a las propiedades físicas del agua, como son la adhesión y la cohesión, este hecho no es considerado como una desventaja, ya que al ser introducida de nuevo el agua en el tejido del papel ocasiona un reacomodo de las fibras, rompiendo los flóculos de pasta, mejorando la formación de la hoja.

2.6.5. *Cuchillas de succión.*

Las cuchillas están situadas por debajo de la tela. Tienen un reborde activo que barre el agua que existe en la parte baja de la tela, una breve superficie plana que soporta la tela y una superficie de arrastre divergente. La succión se crea en la cuchilla a lo largo de la superficie divergente cuando la tela se separa de la superficie de la cuchilla. Esta succión aumenta cuando el ángulo de la cuchilla en relación con la tela aumenta. En términos generales la succión producida por una cuchilla nunca llega a la ocasionada por un rodillo de mesa, la eliminación del agua es casi una mitad de la que elimina un rodillo de mesa en la misma posición. El hecho de que se instalen estas cuchillas de succión y no solo rodillos o cajas de succión, es que para tener una buena formación y reacomodo de las fibras es necesario drenar el agua en forma paulatina, ya que al eliminar el agua en forma rápida, las propiedades del papel disminuyen; Por no tener una buena retención de finos encolantes y materiales de relleno.

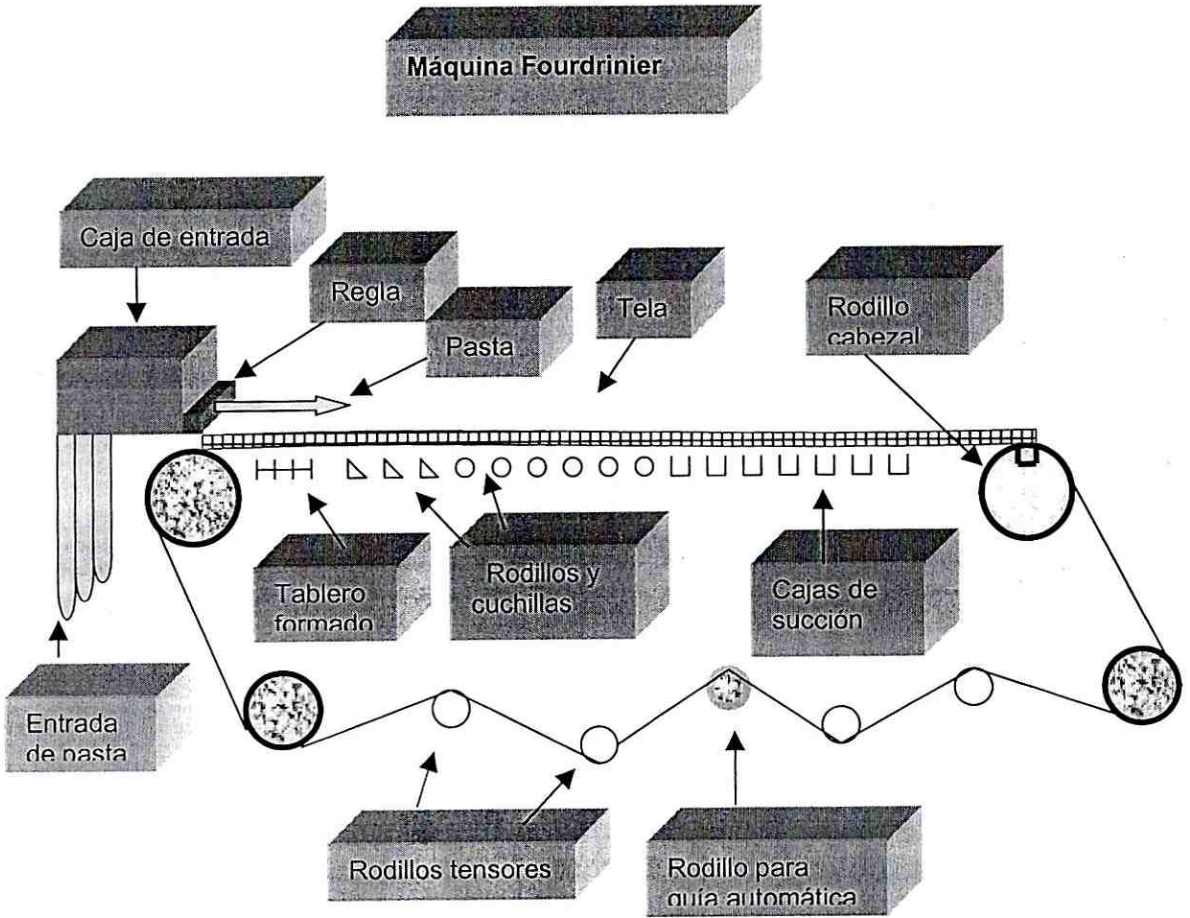
2.6.6. *Cajas de succión.*

A medida que la hoja avanza por la tela, pasa sobre una serie de cajas de succión que eliminan grandes cantidades de agua presentes en el papel. Son cajas rectangulares, equipadas con una tapa ranurada o perforadas que alcanza a cubrir todo el ancho de la tela, aplicando la succión a la red húmeda, aun cuando la pasta ha perdido aproximadamente el 80 % del agua original antes de llegar a las cajas de succión, todavía contiene aproximadamente del 97 al 98 % de humedad. Las cajas de succión eliminan gran parte del agua aún presente, a la vez que hacen más compacta la hoja. Las cajas de vacío suministran una succión vertical que no perturba la formación de la hoja, el número de cajas de succión varía de 4 a 10 según el grado de papel. Siendo 8 cajas las que se tienen instaladas en la máquina # 3, la cual produce papel semiKraft reciclado de 130 y 200 gramos por metro cuadrado

Las cajas de succión deberán mantenerse en buen estado y ser lo bastante grandes para aceptar el flujo de agua. El vacío habitualmente se gradúa en alto y bajo vacío, desde 6.8 hasta 37.2 kPa, aplicando el vacío más reducido en la primera caja, en la cual la eliminación de agua es mayor. Y en las siguientes cajas es aumentado el vacío en forma gradual, a medida que el vacío aumenta se observa que la eliminación de agua disminuye y la consistencia de la hoja aumenta reteniendo una menor cantidad de humedad.

La cantidad de vacío que se mantiene en las cajas de succión es el factor que más influye en la sequedad de la hoja en marcha, al igual que el tiempo de succión y la cantidad de aire que se utiliza.

Aún cuando la diferencia de presión a través de la hoja es el factor clave para la eliminación del agua, un exceso de succión es una mala práctica, ya que pone demasiada tensión sobre la tela y origina un aumento en la carga de impulsión; así como un aumento en el desgaste de la tela, ocasionando que dicha vestidura se frene y se corra.



Fuente: "Paper Machine Felts and Fabrics", Albany International Corp. N. Y. 1995
Figura. 5 Máquina Fourdrinier para papel.

2.6.7. Rodillo cabeza.

Además del vacío que se mantiene en las cajas de succión, se aplica un vacío en el rodillo cabezal de 45 a 79 kPa. Con frecuencia, el conductor de la máquina utiliza la estabilidad del

vacío del rodillo cabezal como un indicador de un buen control de la refinación de pasta. En la parte superior del rodillo cabezal se ubica un rodillo rompedor de grumos, es un rodillo de goma de baja densidad que se utiliza para un mayor compactado de la hoja, y para prensar cualquier grumo que pudiera ocasionar una rotura en el papel en la sección de prensas. Este rodillo se ubica sobre la caja de vacío del rodillo cabezal, cubriendo cuando menos un 50 a 70 % de la abertura de la caja de vacío. Esta ubicación permite que el vacío aplicado trabaje en la hoja antes de la acción del rodillo rompedor de grumos, Este rodillo se encuentra fieltro lo cual permite la eliminación del agua por ambos lados de la hoja, por lo general esta conversión da como resultado menos roturas en la sección húmeda y puede aumentarse la velocidad cuando se trata de hojas de mayor gramaje. La aplicación de una cubierta tejida o fieltro sobre el rodillo cabezal elimina los grumos, las marcas dejadas por los mismos, mejora la uniformidad de la humedad y permite una mejor corrida de máquina. En la Fourdrinier convencional el rodillo cabezal es normalmente el que aplica la tracción a la tela, ésta a su vez, impulsa los rodillos de la mesa. Ahora en las máquinas de mayor velocidad se utiliza un equipo auxiliar o helper el cual comparte la carga de tracción, conjuntamente con el rodillo cabezal.

2.7. Revestimiento de la sección de formación.

La tela formadora de la Fourdrinier debe cumplir determinado diseño y cumplir con factores tales como durabilidad, drenado, acabado y funcionamiento (tabla 4). La tela formadora de plástico ha sustituido a las telas tradicionales hechas con metal, la razón principal para este cambio radica en el aumento de vida de la tela de plástico en relación con la de bronce. Se obtuvo en promedio un aumento de vida de 4 a 1, además de una vida más prolongada hay otros beneficios directos, como una disminución en el tiempo para cambiar la tela, menos cambios de tela, mayor capacidad para planear dichos cambios con mayor facilidad, mayor eficiencia en cuanto a producción en máquina de papel.

En general las telas de plástico trenzadas han tenido éxito por que ofrecen una durabilidad y funcionamiento mejores, sin que se observe una pérdida real en el drenado o el acabado, además ofrecen una resistencia suficiente para mantener una estabilidad en la operación a pesar de las distintas tensiones de funcionamiento de la máquina, también son más resistentes a la degradación química y al desgaste por fricción en comparación con las telas metálicas.

Tabla. 4 Revestimiento de la sección formadora

Nombre	Características	Clase	Pulgadas	Centímetros	Aplicaciones
Tela de plástico	Tejido sencillo o en	Burdo	24 x 20	9.5 x 8	Para pulpa
	Dos capas con monofilamentos en la dirección de la máquina y transversal	medio	41 x 34 a	16 x 13.5 a	Para cartón recubierto y médium.
			41 x 41	16 x 16	Para médium, cartón para alimentos Y sacos
			55 x 38 a	21.5 x 15 a	
			55 x 48	21.5 x 19	
		fino	70 x 46 a	27 x 18	Kraft.

Tomado de M. K. Porter, Ed. "Paper Machine Felts and Fabrics", Albany International Corp. N. Y. 1976
 2.7.1. Tejido.

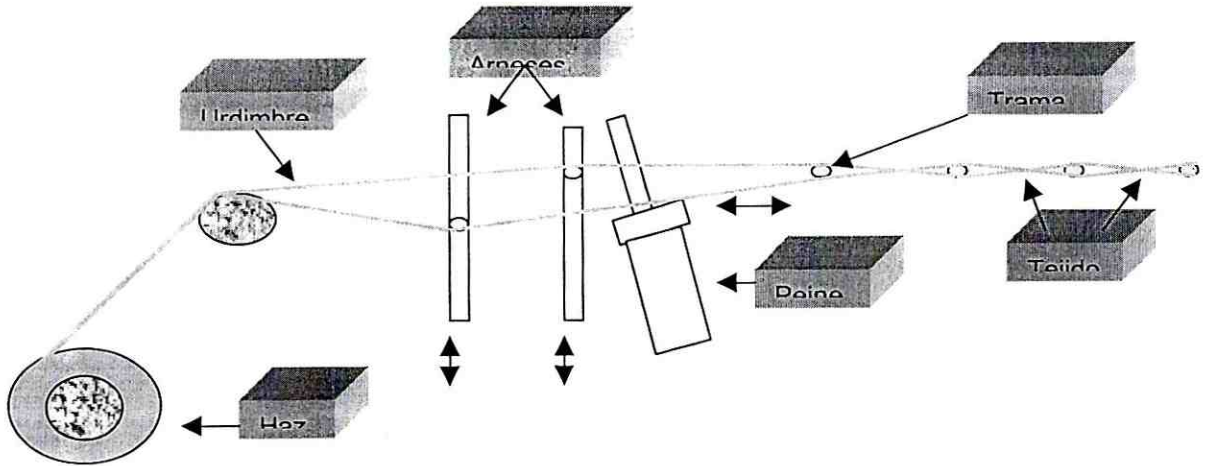
El revestimiento en la mayoría de las máquinas de papel va tejido. El proceso de tejido por su naturaleza, permite una amplia variedad de selección en los diseños para condiciones específicas de fabricación de papel, el tejido es básicamente el entrelazado de dos sistemas de hilos formando ángulos rectos, consiste en hilos a lo largo o de urdimbre, e hilos cruzados o de trama. Los hilos de urdimbre se enrollan paralelos sobre un vástago que va montado en la parte trasera del telar, estos hilos se entretajan a través de los arneses y los peines de tejer para quedar entrelazados con los de trama. La acción del arnés al moverse arriba y abajo forman aberturas triangulares en la parte delantera del peine, denominados cabañas, los hilos de la trama se insertan mediante una lanzadera por la abertura en el sistema de la urdimbre. Cuando los hilos han pasado por el hueco, el peine se mueve hacia delante para empujar hacia la tela dicha trama, moviéndose a continuación hacia atrás. Los arneses cambian a continuación de posición y forman así un nuevo hueco para el paso del siguiente hilo de urdimbre.

2.7.2. Diseños de tejido.

El tejido simple es el más sencillo, pasando el hilo de la trama alternativamente por encima y por debajo de cada hilo de urdimbre, tiene el número máximo de articulaciones y forma un tejido muy uniforme y estable

El tejido cruzado se forma entrelazando los hilos de urdimbre y de trama de forma que aparezcan líneas diagonales en la cara ya tejida, este tejido tiene menos articulaciones o intersecciones que el tejido sencillo, las propiedades mecánicas de esta tela son distintas.

En una de sus variaciones del tejido plano, el hilo de la trama pasa alternadamente por encima y por debajo de dos hilos de la urdimbre. Otra variación, el tejido semicruzado, su diseño es de uno por encima y dos por debajo de la trama, es éste el diseño más común en el tejido metálico, y se usa ampliamente en las telas de plástico.



Fuente: cortesía de albany International 1991.

Figura. 6 Telar tejedor simple

El tejido satín es un tejido de una cara, es en el que usualmente hay más hilos de trama que en la parte interior y los hilos de la urdimbre no quedan también sujetos como en los otros tipos de tejido. El hilo de la trama pasa bajo uno y sobre tres hilos o más de la urdimbre, para crear una superficie suave y con buenas características de drenado

Entre las construcciones con capas múltiples, figuran los tejidos de dos capas de dos y media y de tres capas, se utilizan para el recubrimiento de secadores, teniendo como finalidad una elasticidad y resistencia mayores, pero manteniendo un buen acabado superficial. Los tejidos resultan afectados por los cambios en el tipo, la forma y el tamaño del hilo, en ocasiones se usan dos diámetros diferentes en los hilos de la trama en particular en telas de plástico.

El revestimiento puede ser tejido de dos formas, como una pieza de material plano que a continuación se juntan, en forma continua o sin costuras.

2.7.3. *Acabado.*

El ajuste del calor es un proceso importante en muchos tipos de tejidos totalmente sintéticos. Se utilizan lámparas infrarrojas, aire caliente o rodillos calentados con vapor, se aprovecha el carácter termoplástico de las fibras y filamentos sintéticos, el tejido puede ajustarse en cuanto a su calor para lograr la estabilidad mecánica y la configuración deseada. En este proceso el tejido se estira y se logra una tensión basada en las condiciones de funcionamiento de máquina, calentando el tejido hasta un punto más alto que la temperatura de operación de la máquina de papel, pero inferior al punto de fusión de la fibra. La temperatura de ajuste del calor disminuye los esfuerzos en la fibra y establece una nueva memoria en ésta.

2.7.4. *Diseño y aplicación de la tela.*

Como antes se indico, las telas para Fourdrinier deben estar en posibilidades de cumplir requerimientos de diseño tales como durabilidad, drenado, acabado, y la corribilidad. La mayoría de las telas deben funcionar a altas velocidades y bajo tensión, con flexión constante, deben ser resistentes a distintas condiciones químicas y al desgaste con objetos estacionarios. Las telas de plástico cumplen de manera más completa con las citadas exigencias. El fabricante de papel debe encontrar la combinación más adecuada de materiales, así como el enlazado y tejido más convenientes para obtener una vida satisfactoria de la tela y una formación correcta. Por ejemplo, un tejido más fino puede producir una formación mejor que un tejido más burdo, pero sus hilos, por ser más finos, no tienen la resistencia al roce que tienen los hilos más burdos. Las telas de plástico tienen mayor resistencia al mellado, a los daños mecánicos, a la fatiga y a la corrosión en comparación con las telas metálicas.

2.7.5. *Marca de la tela.*

Durante la formación de la hoja de papel se forma una delgada capa de fibras en forma casi inmediata sobre la tela. Esta delgada capa actúa entonces como filtro para sostener las fibras restantes, a su vez ayuda a retener los "finos" y rellenos. Las fibras son muy plásticas cuando están hinchadas y se ajustan al contorno de la tela, por lo tanto la hoja sale de la tela con un diseño claro superficial por un lado, al que se llama lado tela, y cuanto mayor es el vacío, más marcado queda el diseño de la tela en la hoja de papel.

2.7.6. Transferencia de la hoja de la tela a la sección de prensas.

Cuando la hoja sale de la zona de las cajas de succión de la Fourdrinier, pasa a un rodillo de succión para su eliminación de agua final. Después de esto se puede transferir a la sección de prensas, en este punto, la hoja puede cruzar sin ayuda el espacio abierto o puede ser transferida con ayuda de un fieltro separador. En la máquina de papel # 3 la transferencia de la hoja se hace en forma abierta.

La resistencia de la hoja húmeda es en general proporcional al peso base y al contenido de humedad, en un margen de sólidos del 20 al 22 % de la hoja húmeda es en donde se observó la mejor operación en esta máquina.

Hay dos métodos de separación de la hoja. Los dispositivos pueden ser abiertos o cerrados. El sistema de transferencia abierta incluye el tiro abierto y la separación pobre de la hoja; El sistema cerrado de transferencia incluye la separación sencilla, la separación por succión o un dispositivo combinado de succión y separación. Con el sistema que más se trabajó fue con el de tiro abierto.

En el dispositivo de transferencia abierto la hoja se retira del rodillo de succión pasando, el sellado de la caja de vacío, el objetivo es evitar que la hoja se humedezca de nuevo.

Se utilizan tres chiflones de agua o cortadores, dos para delimitar las dimensiones de la hoja y uno más para recortarla y sacar la guía de papel, éstos se encuentran ubicados sobre la última caja de alto vacío. Al recortar la guía es necesario despegarla del fieltro, y para esto se tiene dispuesto un chiflón de aire por debajo del fieltro, con la finalidad de que la guía sea impulsada hasta el fieltro de la primera prensa. Sin "agrandar la hoja " se pasa a la segunda prensa y de esta a la sección de secadores, hasta sacarla en el enrollador, es hasta este momento que se manda sacar todo el ancho de hoja. En este proceso es muy importante controlar los tiros de cada una de las secciones de la máquina, de no hacerlo se tendrán serios problemas para controlar la operación.

2.8. Sección de prensas.

Al salir del rodillo cabezal, el contenido de humedad del papel es en general del orden del 18 al 23 % dependiendo del grado de papel. El siguiente paso en el proceso de producción del papel consiste en reducir el contenido de humedad de la hoja mediante una presión húmeda, sin que esto afecte en forma inconveniente la calidad del papel. La presión húmeda

puede considerarse como una continuación de la eliminación del agua que se inicia en la tela de la máquina. Desde el punto de vista de los costos de operación de la máquina de papel, la presión húmeda es uno de los factores más importantes que se deben de considerar. En general, los costos asociados con la eliminación de agua en la sección de prensas consideran como bajos, en comparación con los costos asociados con la eliminación de agua en la sección de secadores.

Esta acción de prensado se traduce en una consolidación mecánica de la hoja, reduciéndose la masa y el calibre. El volumen vacío se reduce y tiene lugar alguna compresión de las fibras en los puntos de contacto de fibra contra fibra. La presión aplicada tiende a distribuir uniformemente la humedad de la hoja.

Después del prensado, a la salida del punto de contacto o "nip", se produce un reingreso de aire en el fieltro. El tipo de prensado que se tiene en la máquina es una combinación de prensa de presión con vacío.

2.8.1. Prensa de succión.

La primera mejora introducida en el diseño de la prensa, consistió en la creación de la prensa de succión, ésta prensa está formada por un rodillo alto de prensado, de construcción sólida, y un rodillo ubicado en la parte inferior, el cual opera con succión. Con frecuencia el rodillo bajo de la prensa cubierto de goma, está perforado con agujeros que tienen aproximadamente un diámetro de 3.18 mm con una separación aproximada de 7,9 mm entre centros, por conducto de los cuales se aplica succión mediante una caja de vacío situada en el interior del rodillo. Con este dispositivo es posible eliminar más agua a través de la hoja sin perturbar su formación. El agua eliminada de la hoja se mantiene en los agujeros de la tapa del rodillo de succión y se lanza hacia una charola recolectora cuando se rompe la succión, El tamaño de los agujeros es importante ya que cuanto mayores son más cantidad de agua se elimina, pero es preferible contar con agujeros más pequeños y situados más cerca, si se tiene en cuenta que con esto se obtienen menos marcas en la hoja del papel y que puede aplicarse mayor presión sin comprimirla demasiado.

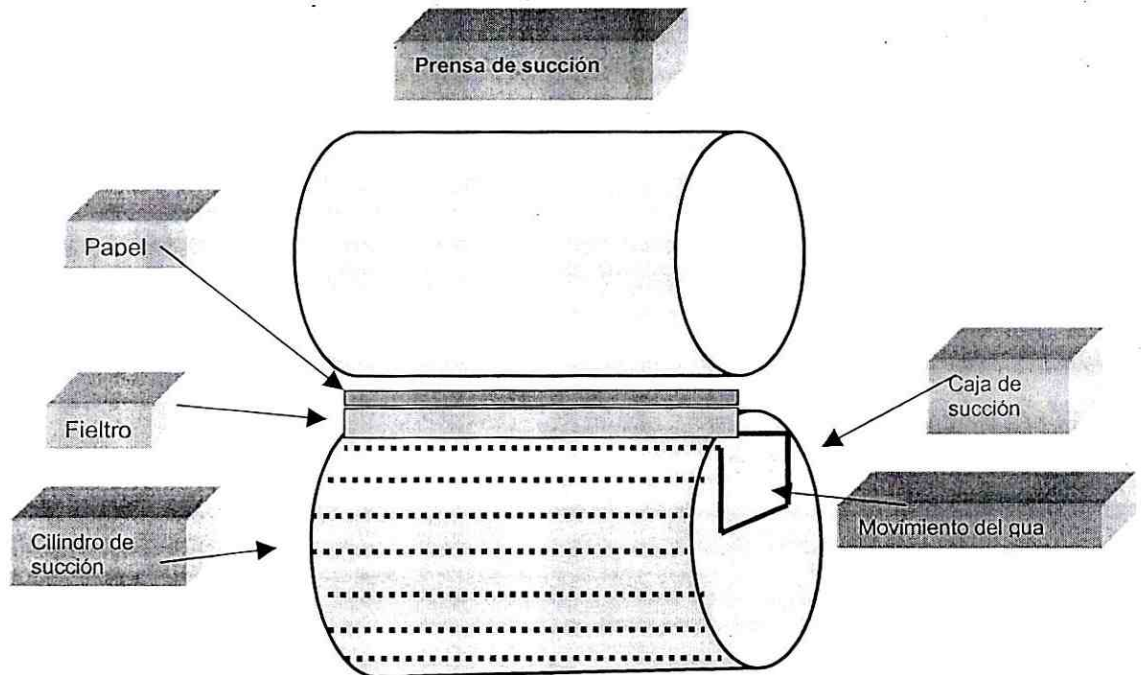
Las marcas dejadas por las prensas se conocen como marcas de sombra, y las ocasiona las áreas perforadas y no perforadas del rodillo de la prensa de succión. Para reducir los efectos de las marcas es necesario tomar en cuenta las siguientes medidas:

- Reducir el vacío en el rodillo bajo de la segunda prensa.
- Usar fieltros más finos y de mayor masa.
- Usar rodillos recubiertos con goma de menor densidad.
- Aumentar el número de perforaciones en el rodillo bajo de prensa.
- Utilizar una prensa normal a continuación de la prensa de succión.

En esta máquina se cuenta con dos prensas de succión, las cuales están revestidas con fieltros 100 % sintéticos aumenta la eficiencia del prensado húmedo, observándose que a la salida del rodillo de succión de la tela se tiene una humedad del 80%, y a la salida de la segunda prensa la hoja tiene una humedad del 50 %, esto quiere decir, que, con velocidades relativamente altas de operación en las prensas se elimina un 30 % de humedad dejando un 43% de humedad para ser eliminada en secadores.

Filtro.- Los fieltros se utilizan en las prensas de las máquinas de papel para:

- Absorber al agua que sale de la hoja en el punto de contacto de la prensa.
- Soportar la hoja en el punto de contacto de la prensa para evitar que sea compactada en exceso.
- Suministrar una distribución uniforme de presión sobre el papel en el nip.
- Dar un acabado superficial conveniente a la hoja.
- Igualar la distribución de presión sobre las zonas vacías y llenas del rodillo, Para eliminar o reducir las marcas de sombra, ocasionadas por los rodillos de o por la prensa ranurada.
- Transferir la hoja de una posición a otra.
- Actúan como bandas de transmisión de energía, impulsando todos los rodillos no motrices en la sección de prensas.



Fuente: Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel. 1985. Tomo II

Figura. 7 Prensa de succión.

2.8.2. Características del fieltro.

Los fieltros utilizados en la sección de prensas requieren tener ciertas propiedades que deben tomarse en cuenta en su diseño, habrá que seleccionar materiales determinados, construcciones y procesos de fabricación, para cumplir con dichos requerimientos.

Los fieltros deben tener una adecuada resistencia, a los fenómenos de esfuerzo cíclico que se traducen en tensiones y compresión en el fieltro, a medida que pasa el tiempo, estas distorsiones reducen la capacidad del fieltro para funcionar correctamente y limitan en parte su vida útil. Es necesario contar con un correcto alargado bajo carga para lograr la estabilidad dimensional, tanto en la dirección máquina como en sentido transversal.

Un fieltro debe tener un volumen adecuado de espacios vacíos para absorber el agua que se oprime sacándola de la hoja en el punto de contacto de la prensa.

La permeabilidad se refiere a la facilidad con que el agua (o el aire) puede fluir a través del material, es una expresión de la facilidad que ofrece el material para el flujo. Un fieltro debe ser permeable, de otra manera puede crearse una presión hidráulica tan alta que la hoja llegue a explotar. En estas circunstancias, si el fieltro transporta demasiada agua hacia el nip, podrá también transferir agua a la hoja de papel, la permeabilidad del fieltro debe mantenerse impidiendo que se acumulen en sus vacíos los rellenos, los finos y otras partículas, estos materiales reducen la cantidad de vacíos, la permeabilidad y la eficiencia de un fieltro. Un acondicionamiento adecuado mantiene permeable al fieltro, conservando inalterable el volumen de vacíos del mismo.

La compresibilidad del fieltro debe ser lo bastante baja para mantener un volumen adecuado de vacíos que reciban el agua que sale de la hoja en el punto de contacto de la prensa, la compresibilidad debe balancearse teniendo en cuenta el tipo de papel que se produce. Una disminución en el volumen de vacíos viene acompañada siempre por:

- Una disminución en el tamaño capilar del fieltro, lo que aumenta las fuerzas capilares, y la absorción.
- Una disminución en el tamaño de los canales disponibles para el flujo del fluido, que reduce la permeabilidad del fieltro y alimenta la presión hidráulica en el nip.

Como los fieltros transmiten la energía a los rodillos no motrices en la sección de prensa, por esto deberán ser resistentes al roce que se produce al ponerse en contacto con dichos rodillos y otros elementos estacionarios, tales como la caja de succión del fieltro y el rodillo superior de la prensa.

2.8.3. Construcción del fieltro.

Los fieltros que se utilizan en la primera y segunda prensa de la maquina # 3, son hechos de material 100 % sintéticos, y son del tipo de fieltros cosidos en velo sobre malla, en su fabricación se usan hilos multifilamentos, y en ocasiones monofilamentos, se hacen telas básicas tipos pantalla con malla abierta en gran variedad de diseños. Los hilos multifilamentos resisten el compactado y la compresión, se reduce la penetración de los finos del papel en la estructura del fieltro. La suavidad y el menor diámetro de los multifilamentos reducen la resistencia al flujo en la estructura básica. En ocasiones los multifilamentos son tratados con resina para mejorar todavía más su resistencia a la compresión y evitar la penetración de impurezas, el tratamiento con resina hace que el fieltro resulte un poco más rígido, tanto en dirección de máquina como en sentido transversal.

Esta construcción con tratamiento se aplica sobre todo a las prensas primera y segunda de las máquinas que hacen tipos burdos de papel, tales como el semiKraft y el medium corrugado de nueve puntos.

Un fieltro cosido se forma de telas tejidas y velos de fibras de unión orientada; Las fibras de los velos se sujetan mecánicamente al cuerpo del fieltro y a la tela base, por acción reciproca, cosidos con agujas. Cada pulgada cuadrada del tejido cosido deberá ser sometida a más de 2 500 penetraciones de aguja. A medida que se agrega más velos a la base, estos resultan más importantes para las propiedades de la tela. De esta manera las características del tejido base determinan en gran medida la estabilidad dimensional y la resistencia del tejido.

2.8.4. *Parámetros del fieltro.*

Cuatro son los parámetros más importantes que se deben de medir en la construcción de los fieltros, los beneficios de los nuevos tipos de fieltro resultan aparentes al observar estas comparaciones.

El primer parámetro, "humedad de saturación" es una medida de la cantidad de agua absorbida por el fieltro en condiciones estáticas, y se mide en gramos de agua absorbida por gramo de fieltro, es un indicador de la capacidad del fieltro para recibir agua procedente de la hoja.

El segundo parámetro "Eliminación de agua al vacío" mide la capacidad del fieltro para liberar el agua hacia un tubo de succión.

El tercer parámetro " Permeabilidad del aire" de un fieltro seco se expresa como pies cúbicos por minuto/por pie cuadrado (cfm/pie cuadrado) del fieltro.

El cuarto parámetro " Resistencia al flujo" es otra propiedad importante, y se ordena en relación con tres direcciones del flujo de agua. Al medir la cantidad de resistencia al flujo de agua a través de un fieltro comprimido en direcciones de la máquina (L), a través de la máquina (X) y vertical (Z), se observa que los nuevos diseños de son más eficientes que los fieltros convencionales.

2.8.5. *Acondicionamiento del fieltro.*

Para que un fieltro mantenga un funcionamiento útil en una máquina de papel se debe desaguar y limpiar al pasar alrededor de la prensa y antes de que vuelva a entrar en el punto de contacto o nip, el acondicionamiento se realiza por medios mecánicos y químicos, bien sea por separado o en combinación, dependiendo de los materiales que forman el fieltro. En nuestro caso todos los fieltros son de construcción 100% sintéticos, y éstos se deben acondicionar en forma continua, mecánica y con productos químicos desde el arranque hasta la eliminación del fieltro.

El sistema de limpieza mecánica emplea fuerzas hidráulicas con rociadores de alta y baja presión para aflojar y retirar las cargas presentes en la estructura del fieltro mediante un limpiador o caja de succión ubicada a todo lo ancho del fieltro. Se contemplan dos tipos de

rociadores, el rociador por inundación a baja presión y el rociador con alta presión, conjuntamente con la caja de succión forma el sistema mecánico de limpieza continua. El rociador por inundación se utiliza también como rociador de detergentes y de lubricación, el rociador de baja presión suministra un tipo de chorro adecuado para eliminar del fieltro los rellenos. Es muy importante la posición que tenga la caja de succión y las regaderas de alta y baja presión, éstas no deben de estar en el mismo lado o cara del fieltro, se deben colocar en las caras opuestas del fieltro, de preferencia las regaderas en la cara exterior del fieltro y observando el recorrido del mismo, las regaderas se deben de colocar antes de la caja de succión.

El sistema rociador de alta presión suministra fuerzas hidráulicas que aflojan los materiales del relleno contenidos en la estructura del fieltro, la presión aproximada de éstas regaderas se maneja en el orden de las 200 a 700 libras por pulgada cuadrada. Anteriormente este sistema se utilizaba en periodos de 20 min. Por turno de 8 hrs, con una presión de 500 a 700 libras por pulgada cuadrada pero la experiencia ha demostrado que de 200 a 350 libras en forma continua es más eficiente la limpieza y disminuye en gran parte el daño causado por presiones más altas.

El rociador de detergentes debe de situarse en la parte interior del fieltro, de preferencia antes de un rodillo interior para una mejor distribución del producto, también en esta regadera se aplican productos químicos como ácidos y sosas, los cuales se utilizan para realizar una limpieza a fondo en las vestiduras, éstos productos van diluidos a un 10, 15 o 20 % de concentración dependiendo de la vestidura.

los requerimientos específicos en cuanto al diseño de la prensa y el fieltro, dependen de muchos factores, siendo uno de ellos el tipo de papel que se producirá. En la máquina # 3 se fabrica principalmente papel semiKraft y para corrugar.

2.8.6. Tipo de papel Kraft.

A esta categoría corresponden los papeles para bolsa y cartón semiKraft, que en general son más pesados que el papel periódico. En general los tipos kraft usan pulpa al sulfato de madera suave caracterizados por sus fibras largas, pero en los últimos años se emplea únicamente papel reciclable de diferentes materiales o fibras.

En las máquinas para papel kraft y bolsa, las construcciones de la base de la tela para fieltro son semejantes a la de los papeles finos, es decir, fieltros sintéticos de monofilamentos tratados con resina con velo fino sobre base 100 % sintética para un buen acabado.

El cartón kraft producido en máquinas Fourdrinier generalmente utilizan de dos a tres prensas de tiro abierto. Por lo general en las dos prensas se utilizan fieltros sintéticos, en la primera prensa se requieren fieltros con base más abierta y en la segunda o última prensa se utilizan fieltros con una base y acabado más fino, combinado con más velo para soportar las cargas pesadas de la prensa y las quemadas por presión.

2.9. Sección de secado

El objetivo de la sección de secado consiste en aceptar una hoja relativamente seca procedente de la sección de prensas, con contenidos de humedad del 50 al 60 % y eliminar más agua hasta alcanzar el nivel deseado de humedad, el que generalmente es del 5 al 8 %. Esto debe hacerse con un costo mínimo, sin perjudicar la calidad del papel, el sistema para secar la hoja debe también mantener o mejorar la uniformidad en la distribución del agua en la hoja. El proceso de evaporación asociado con el secado del papel implica la transferencia del calor y del vapor. El calor se transfiere a la hoja húmeda exponiéndola al aire caliente o a una superficie caliente. El agua calentada en la hoja se difunde por ésta y se evapora hacia el medio ambiente.

Existe una amplia variedad en equipo de secado en la industria papelera, siendo el más común el empleo de cilindros calentados con vapor, calentando alternativamente los dos lados de la hoja, este método es el más utilizado, con frecuencia se usan fieltros o tejidos para mantener la hoja contra la superficie del cilindro, en épocas más recientes se ha utilizado también el aire caliente para aumentar la eficiencia del secado en papeles del tipo kraft.

2.9.1. Secado por cilindros.

La mayor parte de la transferencia del calor de la hoja en el secado por cilindros se lleva a cabo por conducción a través de la capa del cilindro calentada por vapor. Usualmente los cilindros secadores se hacen de hierro fundido y tienen diámetros de 1.52 o 1.83 metros (60 o 72 pulgadas), el diámetro de secadores que se usa en esta máquina es de 70 pulgadas o 1.83 metros. El grueso de la capa varía con el diámetro, pero en general es de más o menos

2.54 mm (1 pulgada) y las presiones operativas del vapor son de 345 a 1,100 kPa (75 a 160 libras por pulgada cuadrada). La mayor parte del calor que se utiliza en el secado del papel se obtiene mediante vapor que se introduce en los cilindros de secado. La cantidad de vapor que se utiliza en el secado del papel puede cuantificarse mediante medidores de flujo, éstos deben calibrarse cuidadosamente.

En el secado convencional por cilindros son muchas las variables que afectan la velocidad de secado y que pueden afectar también las propiedades del papel acabado, algunas de ellas son las siguientes:

- Tiempo en el cual la hoja está en contacto con la superficie secadora.
- Tiempo en el cual la hoja está separada de la superficie secadora.
- Numero de ciclos de secado.
- Temperatura de la superficie secadora.
- Presión de la hoja en la superficie secadora.
- Presión del fieltro en la hoja.
- Temperatura y contenido de humedad del aire alrededor de la hoja.
- Tipo de fieltro secador.
- Peso base y otras propiedades de la hoja.
- Tensión de la hoja.

El área de transferencia de calor y el tiempo de contacto están afectadas por el número total de secadores presentes en la máquina y por el porcentaje de la superficie de contacto del secador. Las zonas de contacto van del 50 al 65 % de la superficie en el caso del secado por cilindros, sistema utilizado en las maquinas en las cuales es trabajo.

La efectividad del contacto es importante, así como la conducción del calor, debido a que la hoja que hace mal contacto con la superficie del secador no se seca eficazmente en dicho punto. El fieltro y la tensión de la hoja, así como el diseño del fieltro secador, tienen gran influencia en el contacto entre la hoja y la superficie del cilindro.

En el proceso de secado existen factores que afectan la conducción de calor o conductancia, entre los cuales tenemos; Condensación en los secadores, velocidad del vapor, tipo de eliminación del condensado de los secadores, presencia de gases no condensables, presencia de incrustaciones en la parte interior de los secadores, el estado de la superficie del secador, el estado de la superficie del papel, el contenido de humedad del papel, la fuerza del tiro, el diámetro de los secadores y la velocidad de la máquina. Algunos de estos factores son del diseño de equipo en los cuales no es posible modificarlos, no son

condiciones propias de la operación. Pero en condiciones de operación como, mantener la superficie de los secadores tan limpia y pulida como sea posible mediante el uso de "doctores", y una limpieza adecuada del papel, así como un recubrimiento térmico de los conductos de vapor, mejoraran notablemente la eficiencia del secado.

2.9.2. Filtros y tejidos secadores.

Un fieltro o tejido secador debe cumplir exigencias en cuanto a: resistencia, estabilidad, corribilidad, posibilidades de limpieza, resistencia al calor, a la degradación por humedad, a la degradación química, a la fricción, a la flexión y debe tener una permeabilidad adecuada.

Además las cubiertas de los secadores deben cumplir con las siguientes funciones:

- Soporta y guiar la hoja a lo largo de la sección secadora.
- Ayudar al secado mediante un contacto mejorado entre el secador y la hoja de Papel.
- Evitar arrugas, difundir el calor en forma uniforme en la hoja y mejorar el secado.

El revestimiento del secador puede clasificarse en las siguientes categorías: Filtro secador de lana, fieltro secador cosido con velo sobre base o con tejido abierto. Los tejidos secadores sintéticos son en gran parte los más populares y han sustituido rápidamente a los fieltros secadores convencionales de lana, de algodón y de algodón – asbesto.

Los fieltros más usados en las máquinas donde se trabajó son del tipo tejido abierto 100 % sintéticos, generalmente de monofilamentos, con permeabilidad controlada.

En la mayor parte de las aplicaciones, el tejido de monofilamentos es más resistente a las cargas, es más fácil de limpiar y debe utilizarse para aplicaciones con recubrimiento posterior o cuando la pasta contiene contaminantes, como es el caso de la fibra reciclada. Hay cuatro grupos básicos de contaminantes:

- El polvo del papel, formado por fibras cortas y finas.
- El alquitrán procedente de pulpas vírgenes, la brea, el asfalto y el látex que se encuentran en la pasta formada por papel de desperdicio.
- Los encolantes solubles en agua, típicos de los papeles finos.
- Los materiales de recubrimiento con base solvente o con asentamiento térmico procedentes de papeles recubiertos o entintados como el periódico y revista.

El método de limpieza correspondiente a cada contaminante es diferente, el polvo de papel puede eliminarse mediante chorros de aire, limpiando el tejido fácilmente en las roturas de

hoja. El alquitrán y la brea se adhieren fuertemente a los tejidos y para lograr una limpieza completa puede ser necesario retirar el tejido de la máquina. Si el tejido se tapa será necesario aplicar un agente químico que disuelva los contaminantes mencionados y lavarlo fuera de máquina para combinar la acción química con la acción mecánica para obtener mejores resultados.

Una vestidura tapada ocasiona franjas húmedas en la hoja de papel, por esto la limpieza de los fieltros secadores es muy importante, pero resulta contraproducente parar la máquina para retirar las lonas de los secadores cada que se tapen, sobre todo con la presión de la producción, por esto se utilizan los infratroles y los acuatroles.

Estos equipos se instalan en medio de la última sección de secadores, y están controlados por la computadora que opera la máquina, la cual mediante un escáner que pasa constantemente sobre la hoja, lee los datos referentes a peso y humedad del papel, y éstas lecturas se correlacionan con el funcionamiento del infratrol, el cual con esta información corrige las franjas aplicando calor en las secciones que la computadora le indica.

El infratrol corrige la humedad aplicando una elevada intensidad de calor, ya que su funcionamiento es a partir de lámparas que emiten una gran cantidad de calor, secando las zonas húmedas.

El funcionamiento del acuatrol es similar, en cuanto a que también esta controlado por la computadora, pero este equipo corrige las franjas, aplicando humedad a las franjas secas del papel.

La acción conjunta de estos dos equipos logra una mayor uniformidad de la hoja de papel, el cual presenta variaciones mínimas de peso base, de humedad y calibre; obteniendo así una mejor calidad en el producto.

2.9.3. *Eficiencia de secado.*

El secado en la fabricación de papel es de gran importancia por su significado económico, ya que es la sección de máquina que más inversión representa y donde más se eleva el costo de producción; por esto las empresas tienen especial cuidado en elevar la eficiencia de secado y disminuir los costos de producción.

En esta máquina se tiene un secado por cilindros con un diámetro de 70 pulgadas, el sistema que se utiliza es el de flacheo en cascada, con tres secciones de secado, con un total de 32 secadores y con una presión máxima de vapor de 130 libras por pulgada cuadrada, alcanzando una temperatura máxima en los últimos secadores de la tercera sección de 150 grados centígrados en su máxima capacidad de secado. La sección de secadores se encuentra cubierta por una campana, la cual cumple la función de aislar térmicamente la sección, con la finalidad de aumentar la eficiencia del secado. También se cuenta con un sistema de ventilación, basándose en aire caliente, con la finalidad de evitar las manchas de humedad en el papel, ocasionadas por el condensado del vapor despedido en el proceso de evaporación del agua de la hoja, ésta ventilación conjuntamente con el sistema de extracción de aire de la campana, hacen posible que se tenga un papel sin marcas húmedas, las cuales afecta el aspecto y la calidad del papel.

En el secado convencional, se usan cilindros calentados por vapor, la temperatura del papel que entra en los secadores de la primera sección varia desde 4 hasta 32 ° C, el papel se debe de calentar paulatinamente, desde estas temperaturas hasta que tenga lugar una evaporación importante. Está se presenta entre los 90 y 93° C temperatura de la segunda y tercera sección de secadores. La cantidad de vapor promedio que se utiliza para el secado es de 3.8 Kg de vapor por cada Kg de papel.

En la sección de secado, además de la campana que aísla la sección y aumenta la eficiencia del secado, todas las tuberías y equipos auxiliares están revestidos de material aislante para evitar las pérdidas de calor por conducción del vapor. Aumentando así la eficiencia del sistema de conducción del vapor y la eficiencia de la sección de secadores.

2.10. Transmisión de la máquina.

En la máquina 3 se tiene una transmisión corrida accionada por un motor de 800 caballos de potencia, la transmisión va desde la sección húmeda hasta el enrollador, el control de tiro se realiza a través de poleas invertidas y un mecanismo que realiza los ajustes moviendo la banda de las poleas hacia donde se considere necesario. El sistema en general presenta una buena eficiencia de operación y control de tiros adecuado en todas las secciones de la máquina.

Al embragar las secciones de la máquina es necesario realizarlo en forma individual y paulatinamente, para no sobrecargar el motor de la transmisión y dañarlo.

2.11. Calandrado.

Las calandras están formadas por un grupo de dos a diez rodillos de hierro fundido, puede haber dos grupos de rodillo de 4 a 6, cada uno de ellos con diámetro aproximado de 24 pulgadas para el rodillo bajo y de 16 pulgadas en el caso de los demás rodillos, la selección de los diámetros se basa fundamentalmente en consideraciones estructurales relativas al ancho de la máquina, la carga horizontal, vertical y la velocidad de máquina.

La hoja seca pasa por este conjunto de rodillos en donde se calandra bajo altas presiones para compactar aun más la hoja, el calandrado continuo la modificación de la estructura del papel iniciada en la sección del prensado húmedo. El propósito de la máquina de calandrado es:

- Suavizar las marcas del fieltro y de la tela.
- Asentar la pelusa.
- Suprimir arrugas.
- Nivelar la formación de flóculos.

La amplitud con que se logren estos resultados depende del número de puntos de contacto de los rodillos utilizados, la presión aplicada y la cantidad de humedad de la hoja. En algunas ocasiones se aplican soluciones para encolar al calandrar, dosificadas en las cajas de agua de materia prima en el calandrado.

Al calandrar el papel aumenta la lisura y el acabado, también se reduce el grueso y aumenta la densidad.

Todos los rodillos de las calandras deben de mantenerse limpios y evitar que se formen costras de basura. La carga compactante se crea por el peso de los rodillos, además de la carga mecánica, hidráulica o neumática aplicada por conducto de los cojinetes a los rodillos de la parte alta. El coronamiento de los rodillos tiene importancia particular, la cantidad correcta de coronamiento en el rodillo bajo así, como el coronamiento adecuado de los demás rodillos del conjunto, puede lograr cargas razonablemente uniformes en el punto de contacto, a todo lo ancho de la calandra. En caso contrario la calandra presentará algunos problemas de operación ocasionados sobre todo por un mal coronamiento de los rodillos, lo cual ocasionará vibraciones del rodillo y roturas de hoja.

El calandrado no siempre es el mismo a todo lo ancho del papel, sobre todo en plantas en donde no se tiene un adecuado control del calibre, siendo en consecuencia la aplicación de una presión desigual, ya que se tiene presencia de puntos altos y bajos tendiendo a formar en el rollo de papel, lugares duros y blandos.

En los puntos en donde el rodillo aplica más presión sobre la hoja éste se calentará y al expandirse el metal, aumentara la presión en ese punto, a una mayor presión, el recubrimiento del rodillo puede llegar a quemarse, por esto el operario debe de localizar el punto y enfriarlo, ya sea con un chorro de aire frío o con un trozo de fieltro húmedo, además de corregir el perfil.

Después del calandrado, el papel se enrolla, se pasa por cortadores, se reembobina, y a continuación se envía al departamento de almacenamiento y embarques en donde se inspecciona, sella, etiqueta y embarca.

2.12. Embobinadora.

En esta máquina se reciben los rollos de papel de máquina, estos son rollos con un ancho de 5.2 m los cuales hay que reembobinar y cortar a la medida de las necesidades del cliente. Estos dos tipos de papeles médium y Linner se utilizan en la fabricación de cajas y es necesario que el corte y el tamaño de la bobina sean a la medida que se indica. Esta labor se realiza en la máquina bobinadora la cual es independiente de la máquina de papel y consiste básicamente en un desenrollador con freno de tambor, un grupo de cuchillas y contras que realizan el corte, dos rodillos que soportan el peso de la bobina y a la vez aplican tracción y un rodillo jinete que aplica la presión adecuada y la dureza a la bobina ya cortada, después de pasar por este equipo el papel es remitido al área de almacén y embarque para que sea mandado al cliente.

IV. CONCLUSIONES

El desarrollo del presente trabajo no manifiesta datos estadísticos que reflejen resultados productivos medibles en forma cuantitativa, por tratarse de un trabajo referente a la capacitación.

Los resultados en esta industria se miden en forma cotidiana, es decir basándose en los resultados de la producción, de la resolución de los problemas de operación, del equipo y de la calidad del producto terminado.

Los resultados se cuantifican en forma diaria y las variables más importantes son: el tiempo perdido, la reducción de costos, la eliminación de accidentes, disminución de mermas etc.

El tiempo perdido en la industria papelera ha sido siempre un factor muy importante, por que aumenta los costos de producción y marca la diferencia entre una empresa eficiente y las que no lo son. La capacitación del personal es un factor que reduce sustancialmente la cantidad de tiempo muerto en cualquier actividad productiva, pero en la fabricación de papel cobra más importancia por ser un proceso de producción continua y con demasiadas variables a controlar.

Actualmente la cantidad de tiempo perdido se ha reducido en forma considerable, gracias a la modernización del equipo de producción y a la capacitación en el manejo y operación del mismo.

Los accidentes de trabajo en la empresa han disminuido, de manera tal que prácticamente se han eliminado, y esto se considera como resultado de la capacitación del personal, en la operación del equipo de producción y en el uso del equipo de protección personal que ha eliminado situaciones de alto riesgo.

El ambiente de trabajo es más tranquilo, considerando que este tipo de proceso es clasificado como de alto estrés, en donde el trabajador es normalmente sometido a un alto grado de presión laboral, por el gran numero de variables a controlar.

Las reclamaciones por defectos del producto o por no cumplir con las normas de calidad, han minimizado. Actualmente el producto cumple con un porcentaje muy alto de las especificaciones requeridas por los clientes.

La fabricación del papel es considerada como un proceso continuo con un gran número de variables a controlar, razón por la cual es considerado como un proceso de operación problemática.

En la fabricación de papel reciclado la problemática aumenta si se carece del equipo necesario para la limpieza de la fibra, los contaminantes por muy pequeños que sean provocan roturas de hoja, acumulación de pelusas y corrosión en los equipos, a mayor limpieza mejor operación.

La operación y el control de una máquina de papel sólo se puede lograr basándose en el conocimiento pleno del equipo con el que se trabaja, fundamentalmente con relación a la función y capacidad del mismo. Solo así podremos conocer la causa y efectos de las decisiones que tomemos como responsables de una máquina, de las instalaciones y de seguridad del personal de operación.

También debemos conocer las propiedades de los insumos que utilizamos, ya sean productos químicos, vestiduras, mecánicos o de otra índole. Pero sobre todo es necesario conocer la materia prima principal, sus características tanto físicas como químicas, esto nos permitirá reconocer más fácilmente los problemas de operación y poder resolverlos de manera inmediata y en forma correcta.

A pesar de que el destino y la situación que está viviendo el país me llevo a trabajos diferentes a los que tenía en mente, considero que la experiencia que he tenido en la industria papelera a pesar de su naturaleza no se encuentra desvinculada del todo con la profesión de la Ingeniería Agronómica.

Los fundamentos de ingeniería que aprendí en materias como Física, Química, Bioquímica, Hidráulica, Matemáticas, Estadística, etc., hicieron posible mi ingreso a esta industria y mi adaptación al tipo de tareas y responsabilidades que se me asignaron. Sin los conocimientos que adquirí en nuestra Alma Mater, esto no hubiera sido posible. Ciertamente que se me

proporcionaron conocimientos que por la naturaleza del trabajo no he aplicado en forma plena, pero sin duda, bastante de lo que he aplicado es la responsabilidad, la honestidad, el valerse por uno mismo y la iniciativa perseverante que todo agrónomo de la Universidad debe tener para poder estar en capacidad de resolver cualesquier problema que se nos presente. Esto para mí es lo más valioso que me ha aportado la Institución en la que me forme.

Mi trabajo en la industria papelera me ha aportado conocimientos adicionales que no encontré en la formación agronómica que recibí y que sin embargo considero se deben incorporar a las nuevas generaciones de agrónomos, dada la importancia que estos tienen en el desempeño de sus labores, estos conocimientos se agrupan de la siguiente forma:

Área del conocimiento	Actividades desempeñadas
Economía	Manejo de costos
Administración	Jefe de Control de Procesos
	Jefe de Control de Producción
	Manejo de Personal
	Manejo de Inventarios
	Calidad de producción
Ecología	Papel reciclado
	Tratamiento de aguas
	Control de emisión de contaminantes

V. BIBLIOGRAFÍA

- Albany International Corp. 1988. Manual de instalación y operación de fieltros y telas” .
- Black-Clawson. 1986. Hidrapulpers instrucciones de instalación y mantenimiento. Boletín 62.
- Casey, James P. 1991. Pulpa y Papel Química y Tecnología Química, Volumen II. Editorial Limuns.
- Guerra, Martín. Ciencia y Tecnología Sobre Pulpa y Papel. 1985– Tomo II, Editorial Limunsa.
- Macdonald, R. G. y J. N. Franklin, fabricación de pulpa y papel. 1996. Vol. II MacGraw-Hill.
- Parker, J.1961.Tappi,.
- Parker, J. 1997. Tappi.
- Porta Flet de México. 198. Manual de instalación y operación de fieltros. Puebla Pue.
- Porter, M. K..1996. “Filtros para la fabricación de máquinas papel”.Ed. Albany International Corp.”
- Porter, M. K.. 1976. “Paper Machine Felts and Fabries”. Ed. Albany International Corp. N. Y.
- Swanson, J. W.. 1978. Boletín T appi, N° 33, 39, 40 y 61