



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



**DEPTO. DE PASANTES Y
EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA**

**ESTUDIO DE SECADO Y PRENSADO EN
UNA MAQUINA DE PAPEL**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

LEONOR DE LA LUZ CALLEJAS FARIAT

MEXICO, D. F.

1980

M-19090



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE:

PRESIDENTE: Prof. Adalberto Tirado Arroyave
VOCAL : Prof. Mario Guevara Vera
SECRETARIO: Prof. Jorge A. Castañares Alcalá
1er. SUPLENTE: Prof. Claudio A. Aguilar Martínez
2o. SUPLENTE: Prof. Enrique Bravo Medina

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

"Cia. Industrial de San Cristobal, S.A."
Km. 22.5 Carretera México-Pachuca
Ecatepec de Morelos, Estado de México.

SUSTENTANTE:

Leonora de la Luz Callejas Farjat



ASESOR DEL TEMA:

Prof. Jorge A. Castañares Alcalá



Con Admiración y Respeto a mis queridos Padres
María Luisa y Antonio, como pequeña respuesta
a todos sus sacrificios.

A Juan Antonio

A mis Hermanas

**A mis Cuñados, Sobrinos y
demás Seres Queridos**

**Al recuerdo de mi
querido Hermano**

Felipe Agustín

**Con agradecimiento y
Cariño a mis Tíos:**

**Higinio Garnica Sosa
Regelio Piza Espinoza
Andrés Callejas Garnica
Carlos Jesús Farjat Pablo**

I N D I C E

I)	INTRODUCCION	3
II)	GENERALIDADES	5
	1.- Antecedentes Históricos de la Fabricación del Papel.	
	2.- Descripción breve de la Situación Actual y Evolución de la Industria de la Celulosa y el Papel.	
	3.- Breve descripción del Proceso de Fabricación del Papel	
	4.- Diagrama de Flujo.	
III)	MECANISMO DE SECADO DEL PAPEL	28
	1.- Transferencia de Calor en un Secador.	
	2.- Transferencia de Calor en una Campana de Secado.	
	3.- Remoción de Condensado.	

IV)	COMPARACION DE MAQUINA DE PAPEL TISSUE DE UN FIELTRO V.S. MAQUINA DE PAPEL TISSUE DE DOBLE FIELTRO	57
	1.- Balances de Materiales.	
	2.- Balances de Calor.	
	3.- Efecto de Prensas y Fieltros en el Perfil de Humedad del Papel	
V)	ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE EXTRACCION DE AGUA	105
	1.- En la Sección de Secado, Prensado y Formación de las dos Máquinas de Papel.	
VI)	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
	GLOSARIO	119
	BIBLIOGRAFIA	121

I).__ INTRODUCCION

La Industria de la Celulosa y el Papel en México, es de intenso consumo de capital y energía, observándose una tendencia, por parte de las empresas mas importantes, a incrementar sus capacidades instaladas. Esta Industria ha sido considerada por las autoridades Mexicanas como básica y socialmente necesaria. Ocupa a 26,000 trabajadores y de ella dependen directamente 130,000 personas. Por valor de producción ocupa el 5º lugar en el sector manufacturero del País (17).

En nuestro País existe una amplia gama de tipos de papel que satisfacen tanto los usos comunes como los especiales, además de los que se utilizan en la fabricación de numerosos productos industriales. No todos los tipos de papel muestran igual desarrollo, pero el grupo de papeles denominado Sanitario y Facial, ha llegado a representar el 6.3% en 1970 y el 9.1% en 1978 de la producción total. Este grupo de papel desde el pasado año de 1975 ha sido independiente de importaciones.

En la fabricación de este tipo de papel se ubican importantes empresas productoras que han venido ampliando continuamente la capacidad instalada, con maquinaria cada vez más moderna, lo que marca un notable contraste con las empresas de los demás grupos de papel.

Los fabricantes de papel muestran mucho interés en el consumo global de energía durante el proceso, por lo que tratan de desarrollar equipo para eliminación de agua mejorando los existentes, por ello, se ha sofisticado la fabricación de papel en los últimos años, ya que el alto costo de los energéticos, impacta directamente en el costo de los productos terminados.

Por todo lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo, el evaluar un ahorro en consumo de energía en una Máquina de Papel Tissue de un fieltro comparativamente con otra de doble fieltro y determinar la disminución en costo de extracción de agua por menor consumo de energía, consecuentemente, menor costo en el proceso de fabricación del papel.

II).- GENERALIDADES.

1.- Antecedentes Históricos.

El descubrimiento del arte de fabricar papel, según todas las probabilidades, pertenece a los Chinos. Establecieron una fábrica de papel en Samarkanda en algún tiempo del siglo sexto, y su método de fabricación es por demás interesante, ya que básicamente es el mismo que se emplea actualmente en la elaboración de los papeles hechos a mano, por lo que respecta a las operaciones mecánicas del formado de la hoja. Posteriormente los Arabes capturaron la Ciudad de Samarkanda en 704 y aprendieron el arte de hacer papel; bajo la protección de Los Arabes, la industria floreció, además de que introdujeron ciertas mejoras en dicho arte. Posteriormente este arte fue difundido en toda Europa y ha venido mejorándose a través de los años.

De gran importancia entre las antiguas culturas, especialmente las orientales, fue el uso del papel, asociado a las ceremonias de tipo religioso o ritual. Objetos

y figuras hechas de papel eran colocados en las tumbas e incinerados en las piras funerarias, con la creencia de que reaparecían y así el finado tendría nuevamente las cosas que en vida le habían hecho agradable su existencia. También quemaban papel moneda falso para que pudiera adquirir todo lo que deseara en aquel mundo espiritual.

De igual manera, las antiguas civilizaciones de México, en especial la Azteca, utilizaban el papel en sus ceremonias religiosas o simplemente rituales. Seguramente porque descubrieron que era un material económico de producir, podían darle la forma que desearan, teñirlo, decorarlo, recortarlo y confeccionar con él los atavíos de sus Sacerdotes y Dioses.

No se tienen datos exactos de cuando los Mayas comenzaron a usar el papel (que llamaban HUUN) y muy poco se sabe de la fecha en que los Aztecas empezaron a usar el AMATL (papel en Lengua Náhuatl).

La primera fábrica de papel en América se estableció en Wissahickon Creek (Filadelfia) en 1690. En esta primera fábrica americana, el papel se hacía de trapos de lino,

y es probable que se produjeran unos 40 Kg por día. En 1580, o antes, existió un molino de papel en México, no se tienen mayores datos respecto al año en que este molino inició sus operaciones, ni cuando dejó de hacerlo.

2.- Breve Descripción de la Situación Actual y Evolución Futura de la Industria de la Celulosa y el Papel.

En la actualidad nadie duda sobre la necesidad de la for mación de Técnicos superiores papeleros. La búsqueda de una rentabilidad máxima de los grandes capitales que se invierten en la industria papelerera, conduce a un conocimiento cada vez más profundo de los procesos de for mación.

Ha pasado ya el tiempo en que se consideraba que la Industria Papelera era un conjunto de técnicas más bien artesanas y que no tenían gran necesidad de ingenieros. En todo caso, se encontraban en las empresas de una gran importancia, ingenieros de servicio, eléctricos, mecánicos, químicos, mientras que la parte papelerera de la empresa se satisfacía con prácticos que aplicaban

recetas transmitidas de generación en generación.

Cabría preguntarnos si el papel pasará a ocupar un puesto secundario con relación a su situación actual, siendo sustituido por otros materiales mejores y más baratos. Así se ha pensado que el consumo, en los distintos Países, se acerca al punto de saturación, que los empaques plásticos amenazan al cartón, que la Televisión disminuye la lectura del periódico y de libros, que los textiles a base de celulosa ceden su terreno a las fibras sintéticas.

Repetidas veces, a lo largo de los últimos treinta años, la aparición de nuevos materiales ha sembrado el temor de un desplazamiento hacia valores más bajos del consumo de papel; pero el mismo tiempo se ha encargado de disipar estas dudas y es más, algunos de estos nuevos materiales han contribuido directamente a un mayor consumo de papel, por formación de complejos.

Actualmente en México, la producción interna del papel se realiza en 67 empresas (Marzo de 1979), de las cuales 15 son integradas y 39 fabrican sólo papel partiendo de celulosa que adquieren de las plantas establecidas

MEXICO: PRODUCCION DE PAPEL POR TIPOS (*)

(1975/1979)

Tipos de Papel	1975	1976	1977	1978	1979
T O T A L	1,184,603	1,330,922	1,453,656	1,583,084	1,731,425
Impresión y Escritura	285,858	349,087	393,922	434,228	501,353
Empaque	759,018	824,893	888,987	956,005	1,013,687
Sanitario y Facial	105,175	112,491	126,324	145,483	162,363
Especialidades	34,551	44,451	44,423	47,368	54,022

FUENTE: Memoria Estadística 1980. Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa
y el Papel

(*)Ton. Métricas

en el País, o bien, de proveedores externos. En forma creciente se vienen utilizando los desperdicios de papel que en su mayoría provienen de importación.

No todos los tipos de papel muestran igual comportamiento; un breve análisis en términos de tonelaje producidos, permite destacar la preponderancia de algunos papeles frente a otros, que aún con una producción inferior, resultan ser económicamente los más importantes dentro del mercado nacional.

CONSUMO TOTAL "per capita" EN MEXICO Y OTROS PAISES (Kg)

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978
C H I L E	19.3	19.3	22.4	28.3	25.8	15.8	16.0	21.6	21.6
B R A S I L	13.6	14.2	16.5	20.4	21.0	17.4	20.3	22.0	23.4
P E R U	14.6	15.5	15.0	15.0	16.5	13.4	12.0	12.6	11.6
B O L I V I A	2.9	2.5	2.9	2.5	3.6	4.0	4.0	N.D.	N.D.
V E N E Z U E L A	32.8	36.0	37.5	42.1	45.3	44.4	46.9	52.1	54.5
A R G E N T I N A	38.8	40.5	39.6	39.3	40.0	37.8	37.0	28.5	29.6
M E X I C O	24.0	22.0	23.0	24.6	26.2	24.6	26.1	27.1	26.2

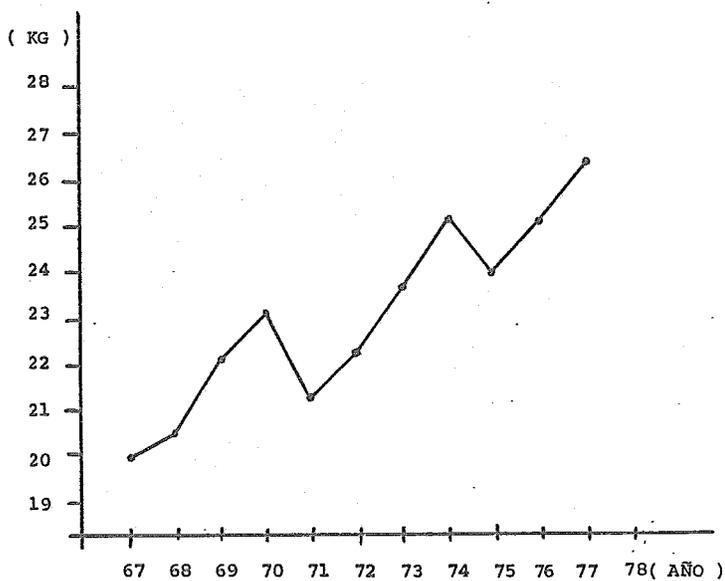
Fuente: Memoria Estadística 1980. Cámara Nacional de las Industr. de la Celulosa y el Papel

En el año de 1968, la producción de papeles sanitarios y faciales (TISSUE) representó el 4.5% del total de la fabricación nacional de todos los tipos de papeles. El consumo de estos papeles está directamente relacionado con el ingreso "per capita" de la población urbana.

Según las cifras y capacidades reportadas a la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y el Papel, la industria de papeles sanitarios y faciales produjo en 1979 162,363 toneladas de papel, y los proyectos - conocidos por dicha Cámara en ampliación de la capacidad productiva hasta el año de 1981, elevan ésta producción hasta 175,000 toneladas de papel anuales.

En la siguiente grafica podemos observar el incremento en el consumo "per capita" de papel desde el año de 1967 hasta el año de 1978.

AÑO	Consumo PER CAPITA total en México (Kg)
1967	19.7
1968	20.2
1969	21.9
1970	24.0
1971	22.0
1972	23.0
1973	24.6
1974	26.2
1975	24.6
1976	26.1
1977	27.2
1978	26.2



Fuente: Memoria Estadística de 1980
C.N.I.C.P.

T E S I S	
Estudio de Secado y Prensado en una máquina de Papel	
Consumo PER CAPITA total Mex.	
F E C H A	E S C A L A
Enero de 1980	sin
FAC. DE QUIMICA (UNAM)	
CALLEJAS FARJAT LEONOR DE LA LUZ	

3.- Breve Descripción del Proceso de Fabricación.

Las fibras para fabricar el papel son partículas flexibles, elongadas, con grandes relaciones de largo a diámetro. Una propiedad de las sustancias de tales partículas, es que forman estructuras reticulares en el seno de suspensiones a cualesquiera consistencias mayores que una consistencia crítica, que para la mayoría de las fibras cae en el rango de 0.05 a 0.20 %. Por arriba de esta consistencia las fibras se enmarañan y forman agregados (flóculos).

En la actualidad las materias primas en la fabricación del papel, se seleccionan con un estricto control de calidad, a fin de evitar problemas en la operación de la máquina de papel. Intervienen como materias primas dos grandes grupos de materiales: Celulosas y Aditivos.

A) Celulosas:

Celulosa de madera al sulfato blanqueada

Celulosa de madera al sulfato sin blanquear

Celulosa de madera al sulfito blanqueada

Celulosa de Madera al sulfito sin blanquear

Celulosa de Bagazo de caña blanqueada

Celulosa de Bagazo de Caña sin blanquear

Celulosa de paja blanqueada

Celulosa de paja sin blanquear

Celulosa de Borra de algodón

Pasta Mecánica de madera

Otras celulosas

De los tipos de celulosa virgen, seis provienen de la madera, y cinco de fibras de plantas de ciclo anual. Entre estas últimas destaca la que proviene del bagazo de caña.

Por lo que se refiere al destino final, puede decirse que la celulosa de madera y de plantas de ciclo anual blanqueadas, se destinan principalmente a la fabricación de papel para impresión y escritura, sanitario y facial y algunos tipos de cartulinas y especialidades.

La celulosa sin blanquear o cruda, ya sea de madera o de plantas de ciclo anual, se utiliza principalmente en la fabricación de papel para -

envoltura, sacos, bolsas, cartones, cajas y cartoncillos de baja calidad.

Debe señalarse que en los últimos años se destaca la tendencia creciente a emplear desperdicios de papel como fuente adicional de materia prima para fabricar papel, la cual complementa la demanda actual de celulosa.

B) Aditivos (Productos Químicos).

Muchos papeles y cartoncillos contienen aditivos no celulósicos que mejoran las propiedades que el producto final requiere en su uso. Entre estos aditivos se encuentran:

Almidones

Dispersantes

Gomas vegetales

Resinas de resistencia húmeda

Antiespumantes

Cargas (caolín)

Colorantes

Agentes de encolado (interno y superficial)

Suavizantes

Agentes de Retención

Productos químicos para el control de babazas

La industria papelera consume grandes cantidades de aditivos. Por esta razón, la industria química considera a la del papel como un mercado excelente para los nuevos aditivos químicos que se desarrollan a través de la investigación.

La Fabricación del papel incluye dos etapas principales que, por el paso de la hoja a través de la máquina de papel, se denominan como Sección Húmeda y Sección Seca. La Sección húmeda es la primera etapa en la fabricación del papel y se efectúa en la formadora y en la sección de prensas.

Esta etapa, que abarca el drenado del agua, se divide en, la extracción de la misma y en la formación de la hoja sin influencia mecánica. Naturalmente, el proceso de formación de la hoja juega un papel muy importante en el establecimiento de sus propiedades.

La extracción del agua y la formación de la hoja sobre la tela de formación entre la caja de flujo y las cajas de vacío, sucede sin ayuda mecánica. El tiempo para que esto suceda, se puede medir dependiendo de:

- A) La naturaleza de la pasta
- B) Del grado de refinación
- C) Del peso del papel
- D) De las características de la tela (tejido, área libre para drenar, etc...)

El papel se hace depositando las fibras de una suspensión acuosa de consistencia muy baja, sobre una tela, - en la cual se separa más del 95% del agua. A medida que las fibras se depositan sobre la tela, se entrelazan generalmente al azar, y de esta manera, ellas mismas forman parte del medio filtrante. Conforme la red de fibras comienza a formarse, la velocidad de retención aumenta progresivamente.

El primer drenado y la formación se complementan antes de la zona de succión; pero sin ayuda adicional de influencia mecánica, la hoja de papel no eliminará agua.

Sí, por otro lado, se opera a una velocidad demasiado alta, la calidad del papel se ve perjudicada al no permitir el acomodo de las fibras antes de pasar a las cajas de succión. Pero, si la velocidad es baja, la rentabilidad está en juego. De aquí, que para cada tipo de papel, sólo hay una velocidad de máquina ideal para lograr un buen producto y optimizar la producción.

La siguiente lista representa las funciones básicas que se efectúan en la sección de formación de una máquina de papel:

- A) DILUIR la suspensión fibrosa que entra al sistema hasta una consistencia lo suficientemente baja para permitir un fácil acomodo entre fibras. El agua de dilución por lo general es agua recuperada.
- B) DISTRIBUIR la suspensión diluida de fibras, uniforme y constantemente en la sección de formación.
- C) DEPOSITAR uniformemente las fibras individuales en la tela, conforme se efectúa el drenado.
- D) COMPACTAR la red fibrosa para obtener un contacto íntimo de la fibra a fibra.
- E) SEPARAR por succión la mayor cantidad de agua atrapada en la hoja, antes que ésta pase a la sección de prensas.

Después de la sección de formación, el papel pasa a la sección de prensas para seguir perdiendo agua. La hoja que sale de la sección de la tela es una red fibrosa - parcialmente saturada, que puede ser comprimida a un volumen que no es suficiente para contener toda el agua - originalmente presente. El límite al que se puede reducir el contenido de humedad depende de que tanto se pueda comprimir la hoja de papel.

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

Una prensa estándar consiste de dos cilindros, uno fijo y el otro móvil y acondicionado para ejercer presión sobre el primero. La carga total ejercida entre los dos cilindros es la suma del peso del cilindro superior y del peso de la carga adicional, la que actualmente se aplica mediante cilindros o diafragmas hidráulicos o neumáticos. La presión lineal de contacto, expresada normalmente en libras por pulgada lineal, es la carga total dividida entre la longitud de la zona de contacto.

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

La operación de prensado se efectúa siempre en una serie de prensas, cuyo número y tipo depende principalmente de la calidad del papel que se va a fabricar. Una sección ordinaria de prensado consiste de dos o tres prensas; la primera o las dos primeras, ordinariamente son

prensas de succión y la última una prensa plana.

La eliminación de agua se facilita a temperaturas más -
latas, debido a la disminución en la viscosidad y en la
tensión superficial del agua.

Los fieltros son factores de importancia en el conteni-
do de humedad del papel. La mejor eliminación del agua
se obtiene con fieltros de baja compresibilidad y densi-
dad medianamente alta. Sin embargo, en casos de altas -
velocidades y flujos, se prefieren fieltros más abier-
tos, especialmente en donde la obstrucción del fieltro
es un problema.

La humedad con que el fieltro entra a la prensa es im-
portante ya que influye fuertemente en las condiciones
hidráulicas de la zona de contacto. Por consiguiente, -
el rehumedecimiento del fieltro se debe reducir al míni
mo.

Sí se usa equipo de lavado, el fieltro se debe secar cuan
do menos al mismo contenido de humedad que tenía al sa-
lir de la prensa.

Tomando en cuenta las fuerzas de adhesión imperantes, el

drenado hasta un determinado punto sin ayuda mecánica - adicional es imposible. Por ello, hay que contar con - una serie de cajas de succión o rodillos de succión para extraer el agua de la hoja de papel.

Como consideración para los papeles que permiten mayor o menor facilidad para el drenado, podemos enunciar la lista siguiente:

- A) Papeles con alto contenido de pasta mecánica
- B) Papeles con bajo contenido de pasta mecánica
- C) Papeles con 100 % fibra tratada químicamente

Cabe mencionar que si en la fabricación de papel los índices de costos para eliminación de agua en la sección de formación son de 1, en la sección de prensas son de 10 y se elevan a 65 en la sección de secado. Es por ello que una eficiente sección de prensado contribuye a la - disminución en el costo de secado.

El papel sale de la sección de prensas con un contenido de humedad aproximado de 65 a 68 %, el cual disminuye - considerablemente a la salida de la sección de secado - hasta un 6% de humedad.

La continuación en la extracción del agua de la hoja de papel sucede en la sección de secado, al hacer llegar calor a la superficie de un cilindro secador. Como mencionamos anteriormente, la principal característica del secado es el alto costo en relación al prensado.

Por lo anterior, el fabricante de papel siempre ha tratado de tener una eficiente sección de prensas, éstas son normalmente operadas a su límite de capacidad, o casi. Para remover más agua por prensado, es necesario reemplazar las prensas por unas de capacidad mejorada (limitado por el estado de la tecnología del prensado en el tiempo particular que se trate). Por otro lado, el costo de secado por unidad de agua removida es alto, pero para una situación en particular, la utilización de la capacidad de secado existente puede ser temporalmente más barata que reemplazar las prensas.

La calidad del producto final depende grandemente del secado. Para el caso de papeles Tissue, estos pueden ser crepados conforme se despega del secador la hoja de papel. Algunos papeles se crepan mejor cuando están parcialmente húmedos y requieren secadores adicionales después del Yankee.

La cantidad de agua que con la hoja entra y sales de un secador, se mide como porcentaje de agua sobre el peso húmedo total. Así, el que a los secadores entre el 65 % de agua, significa 65 kilos de agua y 35 kilos de fibra seca por cada 100 kilos de papel húmedo. Para un problema sencillo de secador, la fórmula más empleada es:

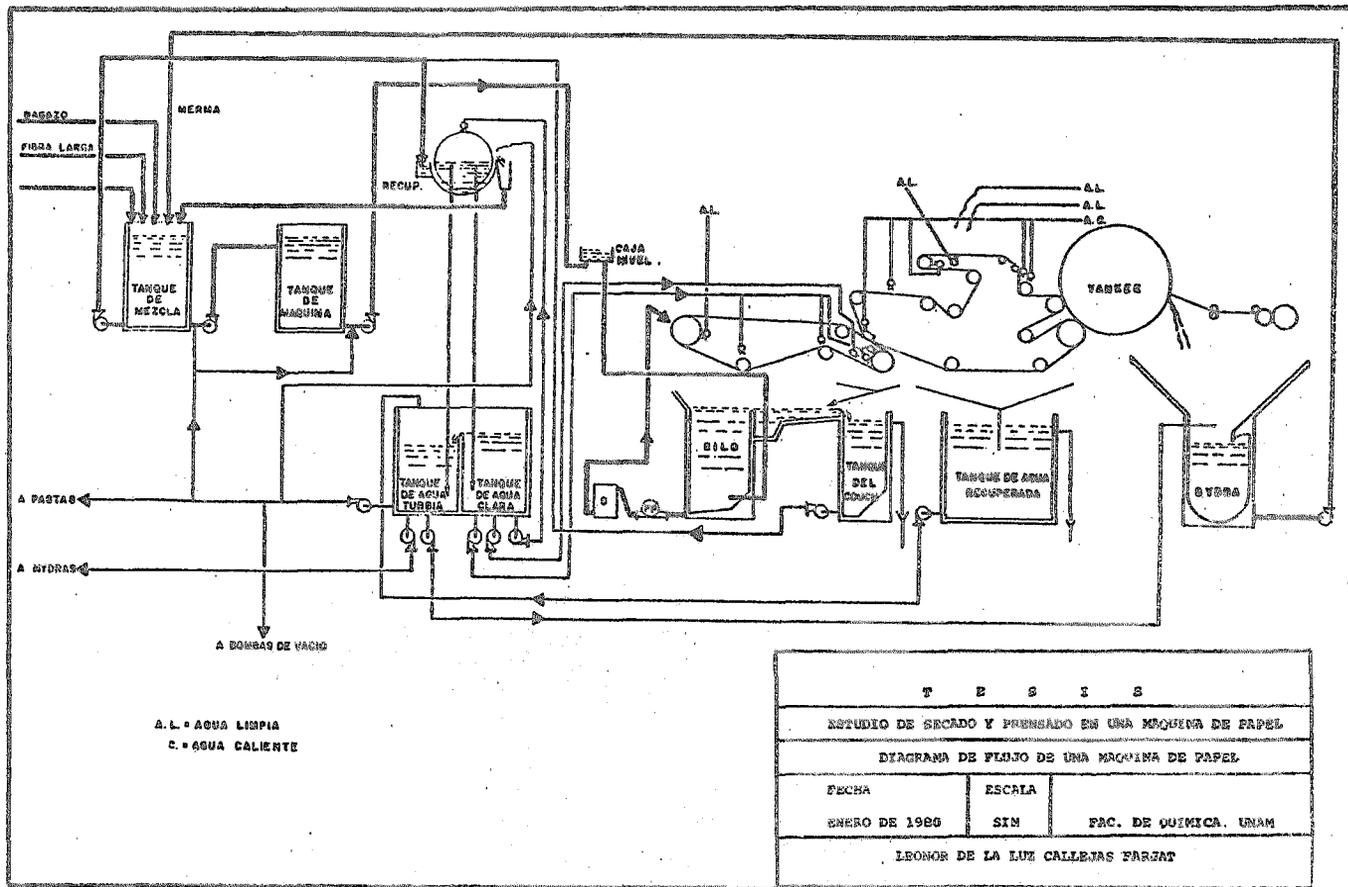
$$\frac{\% \text{ de fibra que sale}}{\% \text{ de fibra que entra}} - 1 = \text{Kg de agua por Kg de papel secado.}$$

El proceso tradicional de secar el papel, es pasarlo sobre una batería de secadores que progresivamente van eliminando agua de la hoja de papel, el número de secadores se determina por la cantidad de agua que se va a evaporar, sobre la base de una evaporación estimada de 0.9 kilos de agua por hora por 900 cm² de superficie total de secador. Esto variará de acuerdo con la presión de vapor, el tipo de papel, el contenido final de humedad y las condiciones generales de operación de la máquina.

Finalmente, un porcentaje menor en costo de secado, significa muy poco comparado con una mejor formación, dre

nado más rápido o una eficiencia mayor de prensado. La sección de secado en una máquina de papel es voluminosa y pesada, por lo tanto, prohibitivamente cara como para realizar grandes modificaciones.

Toda la descripción del proceso de fabricación de papel se ejemplifica en el siguiente diagrama de flujo de una máquina de papel de un fieltro.



III). MECANISMO DE SECADO DEL PAPEL

De una buena sección de secado en una máquina de papel, depende la calidad final del producto terminado. La uniformidad de la hoja debe ser tan perfecta como sea posible; ya que las variaciones de humedad, en dirección o a través de máquina, contribuyen a una multitud de defectos, tales como perfil desparejo del rollo, arruga, variación en diámetros y densidad dispareja en las bobinas.

El secado a temperaturas elevadas surgió de la necesidad de tener un proceso continuo en la fabricación de papel, ya que antiguamente para remover la humedad de la hoja de papel, se presentaba un paso intermitente en el proceso de fabricación. Los primeros papeleros tomaban la hoja como drenaba y la colocaban en el Sol a secar; pero no siempre las condiciones atmosféricas eran favorables para que el papel secara a la intemperie. El intento de mejorar fue el de colocarlas bajo techo y secar con corrientes naturales de aire, pero aún así era discontinuo el proceso de fabricación.

Al cambiar a secadores cilíndricos giratorios calientes, se incrementó la velocidad de secado, consecuentemente el proceso se hizo continuo, y el secado dejó de ser el cuello de botella de un fabricante de papel.

En una operación diaria en una máquina de papel, el costo de secado se afecta más por el contenido de humedad de la hoja como ésta llega al secador. Para hacer mínimo este costo, es esencial que la sección de prensado - se mantenga operando a la máxima eficiencia posible.

En el secado de una hoja de papel, dos procesos físicos básicos están involucrados:

- A) Transferencia de Calor: el calor es transferido de alguna fuente (vapor) a una hoja húmeda, a fin de suministrar la energía requerida para sacar la humedad de la hoja de papel.

- B) Transferencia de Masa : la humedad se evapora y es transferida de la hoja de papel a la atmósfera circundante.

Además de los secadores de papel, se utilizan otras - fuentes de calor en el proceso de secado. Existen en - uso cubiertas de aire para baja, mediana y alta velocidad. También se usa el calor infrarojo. Todos estos dispositivos contribuyen al secado.

El fieltro del secador normalmente se seca por medio de los cilindros secadores convencionales. Sin embargo, en años recientes, se han utilizado unos rodillos perforados de pequeño diámetro, que introducen aire caliente a través de estas aberturas, que ayudan al secado de los fieltros y por consiguiente, al secado del papel.

Los secadores Yankee, que son grandes en diámetro (de 2.45 a 3.65 m.), se usan en máquinas de papel delgado fino - (TISSUE), y son operados en cubiertas de aire de alta temperatura y alta velocidad (Campana de Secado).

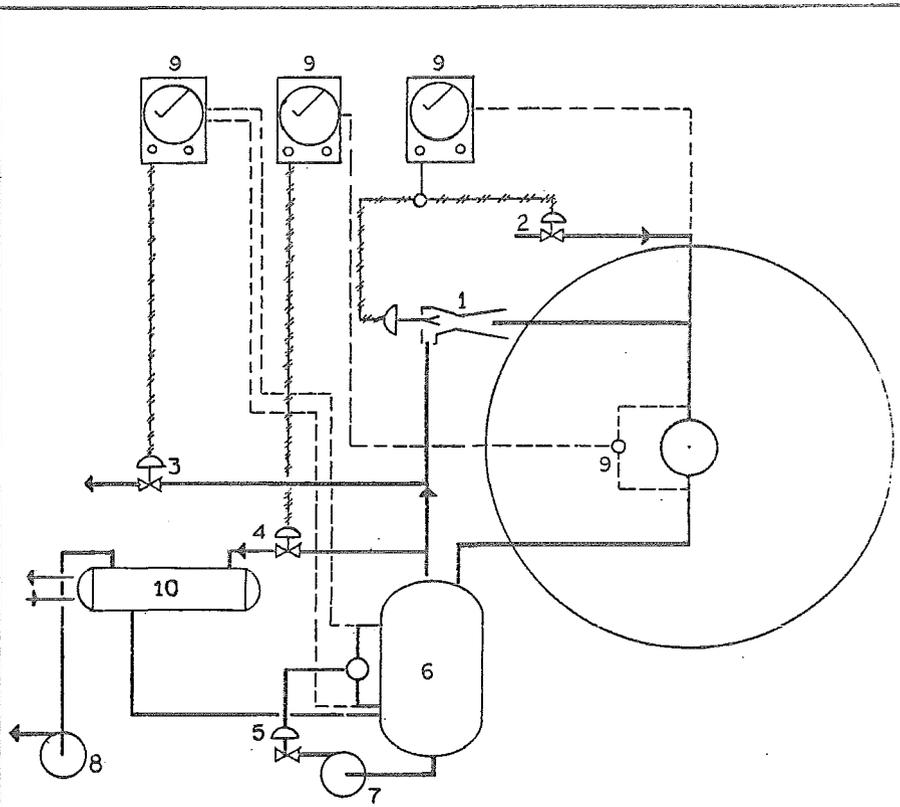
1.- Transferencia de calor en un Secador:

El calor es una forma de la energía y como tal, es parte de las entalpías de un líquido o un vapor. La trans-

misión de calor es el aumento o disminución de las entalpías de dos fuentes a diferentes temperaturas, que son puestas en contacto; lógicamente, la fuente más fría aumenta sus entalpías a expensas de la fuente más caliente.

El papel ligero, procedente de una tela Fourdrinier y - de la sección de prensas, para secarse se sujeta sobre un sólo secador grande, de 2.45 a 3.65 metros de diámetro, llamado secador Yankee. En este secador no se usa fieltro, el papel húmedo se prensa con firmeza a la superficie altamente pulida del mismo, mejorando notablemente la transmisión de calor. Con este tipo de secadores se aumenta la evaporación a casi 4.5 a 9.0 kilogramos de agua por 900 centímetros cuadrados por hora, en lugar de una evaporación de 0.9 Kgs. estimada para un conjunto de secadores.

El secador de una máquina de papel debe proporcionar a cada molécula de agua, bastante energía para romper las uniones químicas y/o mecánicas. Esta energía (en forma de calor) aumenta la energía cinética de las moléculas de agua, permitiendo que éstas se liberén de la hoja de papel, y suministrando ventilación, se remueven los vapores liberados de la hoja.



- 1.- TERMO COMPRESOR AUTOMATICO
- 2.- VALVULA REGULADORA DE PRESION DE VAPOR
- 3.- VALVULA DE DESCARGA DE VAPOR Y GASES
- 4.- VALVULA DE CONTROL DE PRESION DIFERENCIAL
- 5.- CONTROLADOR Y VALVULA DE CONTROL DE NIVEL
- 6.- TANQUE DE CONDENSADOS
- 7.- BOMBA DE CONDENSADOS
- 8.- BOMBA DE VACIO
- 9.- INSTRUMENTOS
- 10.- CONDENSADOR

T E S I S	
ESTUDIO DE SECADO Y PENSADO EN UNA MAQUINA DE PAPEL	
EQUIPO CONVENCIONAL Y ACCESO RIOS EN UN SECADOR YANKEE	
FECHA:	ESCALA
ENERO DE 1980	sin
FAC DE QUIMICA. UNAM.	
LEONOR DE LA LUZ CALLEJAS F.	

Existen tres medios básicos por los cuales el calor es transferido: Conducción, Convección y Radiación.

A) La Conducción; (el principal medio en los secadores) es la transferencia de calor dentro un cuerpo o entre cuerpos en contacto directo, cuando ningún movimiento significativo ocurre dentro de alguno de los cuerpos.

La Ecuación básica para representar este estado de transferencia es:

$$Q = k A \frac{dt}{dx}$$

Q= calor transferido (BTU/hr)

k= conductividad térmica (BTU/hrFt² °F)

A= área de transferencia de calor (Ft²)

T= temperatura °F

x= distancia (ft)

Integrando esta ecuación resulta:

$$Q = \frac{kA}{t} \Delta T$$

Donde ΔT es la diferencial de temperatura a través de un espesor t .

La distribución de la temperatura en el material es lineal y el factor k/t tiene las dimensiones del coeficiente de transferencia de calor (BTU/hrFt² °F).

Las conductividades térmicas de los sólidos son relativamente insensibles dentro de los rangos usuales de temperaturas, pero son bastante sensibles a la composición. Pequeñas variaciones (como impurezas o aleaciones) pueden afectar considerablemente la conductividad térmica del material. Las conductividades térmicas de los gases y los líquidos, son bastante más dependientes de la temperatura.

La tabla siguiente nos muestra las conductividades térmicas de diferentes materiales.

CONDUCTIVIDAD TERMICA DE DIFERENTES MATERIALES

MATERIAL	TEMPERATURA (°C)	CONDUCTIVIDAD (KCAL/HR M ² °C)
Acero al carbón	100	131.76
Acero inoxidable (Tipo 304)	100	45.87
Hierro fundido	100	118.58
Cobre	100	1063.84
Aluminio	100	580.72
Agua	0	1.674
	38	1.771
	93	1.918
	149	1.928
Aire	0	0.068
	100	0.088
	200	0.107
Vapor	100	0.068
	200	0.088

Fuente: Drying of Paper and Paperboard. Gavelin

- B) La transferencia de Calor Por Convección se debe al movimiento del fluido. El fluido frío adyacente a superficies calientes recibe calor que luego transfiere al resto del fluido frío mezclándose con él. La convección libre o natural ocurre cuando el movimiento del fluido no se complementa por agitación mecánica. Pero cuando el fluido se agita mecánicamente, el calor se transfiere por convección forzada.

Las convecciones libre y forzada, ocurren a diferentes velocidades, la última es la más rápida y por lo tanto, la más común.

- C) La radiación, el cual es el principal medio en el secado con rayos infrarrojos, es la transferencia de calor de un cuerpo a otro a través del espacio a un gas. La transferencia de calor radiante no requiere la intervención de un medio, y el calor puede ser transmitido por radiación a través del vacío absoluto.

En las unidades apropiadas, la cantidad de calor transmitido (Q) es el producto de un coeficiente total de transmisión de calor (U), por el área de la superficie de secado (A) y por la diferencia de temperaturas del vapor saturado (T) a la presión de trabajo y a la temperatura de la hoja (T_h), lo cual se expresa por la siguiente fórmula:

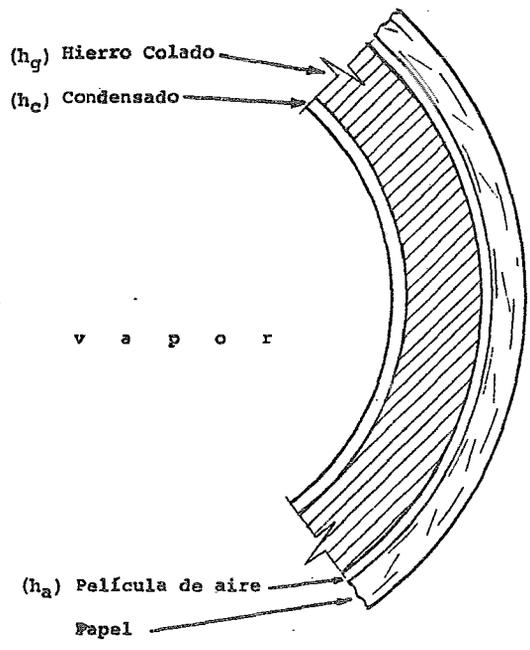
$$Q = U A (T - T_h)$$

El calor es transmitido de alguna fuente, tal como vapor de agua, a fin de proporcionar la energía requerida para la evaporación.

En el proceso de transferencia de calor, el agua en la hoja causa la evaporación, el calor también es transferido a los alrededores o perdido. El grado de estas pérdidas determina la eficiencia del uso del vapor. Obviamente, es deseable mantener estas pérdidas al mínimo.

La transmisión de calor en un secador cilíndrico se efectúa a través de diferentes resistencias en dirección a la hoja de papel, tal como se muestra en la siguiente figura:

$$U = \frac{1}{(1/h_c + 1/h_g) + 1/h_a}$$



T E S I S		
Estudio de Secado y Prensado en una máquina de papel		
Transferencia de calor en un Secador .		
Fecha: Enero/'80	Escala: sin	Fac. Química U.N.A.M.
Leonor de la Luz Callejas Farjat		

La Resistencia más grande a la transmisión de calor con los cilindros secadores regulares de 1.2 a 1.5 Mts. de diámetro, se tiene entre la parte exterior del secador y el papel. Sin embargo, con el secador yankee, la resistencia por contacto casi desaparece, siendo muy importante el espesor metálico del mismo

Un ejemplo es, considerando un secador cilíndrico de 1.5 mts. de diámetro, con una velocidad de evaporación de 2.7 Kgs. de agua por hora por 900 cm² de superficie de contacto con el papel, suponiendo 1.4 Kg/cm² de presión de vapor (temperatura de 123.3 °C) y una temperatura de la hoja de 82.2 °C, podemos calcular el coeficiente de transferencia de calor real "U" de la siguiente manera:

$$U = \frac{(W) (Q)}{t_f - T_i}$$

$$U = \frac{(2.7) (249.7)}{123.3 - 82.2} = 16.4 \text{ KCAL/HR M}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Una forma general teórica de calcular este coeficiente es, considerando los coeficientes individuales de calor de las diferentes resistencias a la transferencia de calor involucradas:

$$U = \frac{1}{\alpha \left(\frac{1}{h_c} + \frac{1}{h_g} \right) + \frac{1}{h_a}}$$

(U) basado sobre el área del secador en contacto con el papel

(α) proporción de la superficie del secador en contacto con el papel

h_c, h_g, h_a . coeficiencia de transferencia de calor de condensado, fierro colado y aire respectivamente

Considerando una proporción de la superficie del secador en contacto con el papel, y tomando un valor estimado para el espesor de la película de condensado y de la película de aire, podemos calcular el coeficiente de transmisión de calor "U" como sigue:

	ESPESOR (cm)	CONDUCTIVIDAD (KCAL/hr M ² °C)
Película de condensado	0.050	1.903
Fierro colado	3.8	136.64
Película de aire	0.0038	0.0878

Y recordando que $h = \text{conductividad/espesor}$, tenemos:

$$U = \frac{1}{0.6 (0.05/1.903 + 3.8/136.64) + 0.0038/0.0878}$$

$$U = 13.2 \text{ KCAL/HR M}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Si variamos el espesor de la película de aire, el coeficiente de transferencia de calor varía notablemente. Para observar esta variación consideramos ahora un espesor de la película de aire de 0.0127 cms. y el valor del coeficiente de transferencia se convierte a:

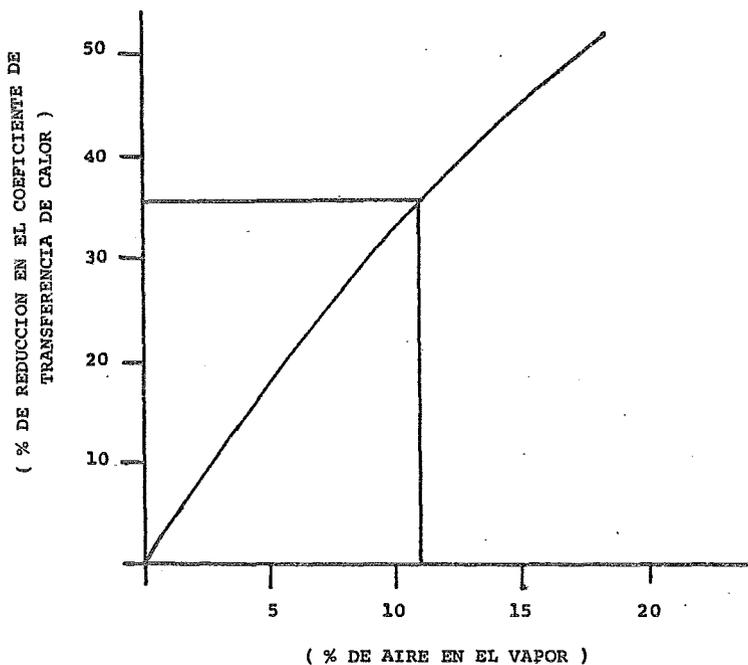
$$U = \frac{1}{0.6 (0.05/1.903 + 3.8/136.64) + 0.0127/0.0878}$$

$$U = 5.65 \text{ KCAL/HR M}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Concluyendo, la variación del espesor de la película de aire de 0.0038 cms. a 0.0127 cms., es suficiente para abatir en un 50% aproximado el coeficiente de transferencia de calor. O sea, si en un principio se removían de la hoja de papel 2.7 Kgs. de agua por hora por 900 cm^2 , ahora se reducirá a remover tan solo 1.35 Kgs. de agua por hora por 900 cm^2 .

Otro factor que influye directamente en el coeficiente de transferencia de calor, es el contenido de aire en el vapor de agua que se alimenta al secador. El coeficien de transferencia de calor disminuye notablemente como se observa en la siguiente gráfica, en la cual se marcó como ejemplo que un 11% de contenido de aire en el vapor, disminuye al coeficiente de transferencia de calor en un 35 %.

EFFECTO EN EL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR
EL CONTENIDO DE AIRE EN EL VAPOR.



Fuente: Drying of Paper & Paperboard
GAVELIN

T E S I S	
Estudio de Secado y Prensado en una máquina de Papel	
Contenido de aire en el Vapor de Agua.	
F E C H A	E S C A L A
Enero de 1980	L
CALLEJAS FARJAT LEONOR L.	

2.- Transferencia de Calor en una Campana de Secado.

Para remover las grandes cantidades de vapor de agua in volucradas en el secado del papel, se requiere de grandes volúmenes de aire. Como el aire es caro para moverlo y aún más, para calentarlo, se han desarrollado esfuerzos para reducir la cantidad de aire usado, particularmente el aire fresco que requiere de una gran cantidad de calentamiento.

Los sistemas de aire de los secadores son diseñados - principalmente para remover el vapor de agua liberado de la hoja de papel. Estos sistemas juegan un importante papel en determinar la velocidad de secado y la uniformidad de secado.

Para cualquier parte de la hoja, la transferencia de masa debe estar en balance dinámico con la transferencia de calor; sí, por ejemplo, la humedad absoluta del aire cerca de la hoja aumenta, un nuevo balance entre la - transferencia de masa y la transferencia de calor ocurrirá, resultando una disminución en la velocidad de se cado.

A través de los años, las velocidades de secado han aumentado, por lo que se vió la necesidad de crear sistemas más sofisticados en la remoción del vapor de agua de la hoja de papel. Tal es el caso de las campanas de aire caliente a alta velocidad que han venido a sustituir a los anteriores sistemas de remoción de vapor de agua.

Sobre un secador estándar de vapor se utiliza una campana de aire caliente para mejorar la velocidad o la uniformidad del secado. El diseño de este equipo se basa en el uso de grandes volúmenes de aire, fluyendo a alta velocidad (3048 a 4572 metros / minuto) y a alta temperatura (150 a 315 °C).. Uno de los principales usos de las campanas de aire caliente, es el control del perfil de humedad, para producir un contenido uniforme de humedad a lo ancho de la hoja de papel.

El principio de una campana de aire a alta velocidad es el de suministrar aire caliente a altas velocidades sobre la superficie de la hoja de papel que no esta en contacto con la superficie del secador Yankee. Este aire caliente debe tener una temperatura suficiente para

no condensar el vapor formado sobre la hoja de papel. -
En este tipo de campanas, el aire caliente es proyectado a alta presión sobre la superficie expuesta de la hoja de papel, sobre toda el área de la campana. En su interior existen boquillas que suministran el aire y están colocadas muy cerca del papel, y después del choque, el aire es extraído uniformemente sobre toda el área entre las boquillas.

Una campana de secado sobre un cilindro Yankee, está constituida por una cámara con una serie de tubos en el interior instalados paralelos al Yankee y con unas toberas (perforaciones) que hacen salir en forma adyacente al aire caliente.

Existen un número de diferentes diseños de campanas de alta velocidad disponibles. Las características primarias del diseño, es la forma y arreglo de las boquillas de aire. Por ejemplo, Gardner (1) estableció el mejor comportamiento cuando las boquillas son en forma de ranuras de 0.076 centímetros de ancho a 2.54 cm de espaciamiento, fueron usadas. Mientras que Allander y Eberoth (1) establecieron que los orificios dan del 25 al 40% en mayor transferencia de calor que las ranuras usadas por Gardner.

Entre mayor sea el número de boquillas en un área dada, - más uniforme será el secado, y la más alta velocidad de aire a través de las boquillas, dará la mayor transferencia de calor.

La temperatura del aire a alta velocidad es importante . Si es demasiado baja, el aire tendrá un efecto de enfriamiento sobre la superficie del papel y reducirá la velocidad de evaporación. A muy alta velocidad, una temperatura del aire puede causar demasiada rapidez en la remoción de humedad, tal que la superficie de la hoja se calienta demasiado, tendiendo a endurecer y aún hasta deformar la superficie expuesta de la hoja de papel. Entre estos dos extremos, el incremento de temperatura del aire, incrementa la velocidad de transferencia de calor.

La acción del secador sobre la hoja de papel crea una zona de vapor por encima de la hoja, que impide la transferencia de calor, y que, para eliminar dicho vapor, será necesario hacer incidir una corriente de aire caliente chocando contra la superficie de la hoja, hasta que el vapor sea fácilmente absorbible mediante ventiladores de succión.

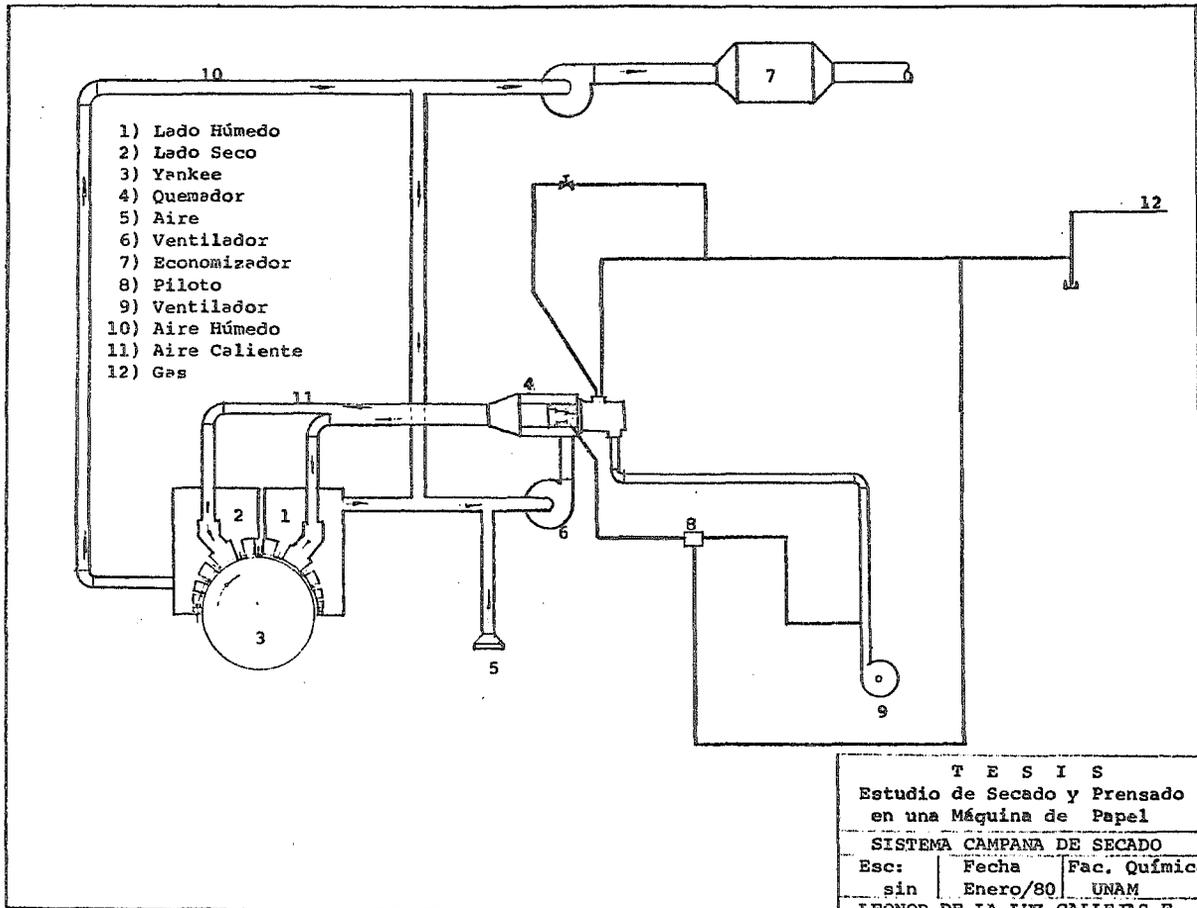
Al soplar el aire sobre el vapor, se reduce la presión de vapor adyacente a la hoja. Al moverse el vapor, la transferencia de calor aumenta, y la eficiencia en el secador se incrementa notablemente.

Ahora bien, se le llama campana de absorción puesto que el ventilador de extracción, localizado en la parte superior de la campana, absorbe los vapores de agua que el aire caliente remueve de la cercanía de la superficie de la hoja de papel.

Las temperaturas de operación normales están desde 120 hasta 230 °C, aunque ocasionalmente se llegan a emplear temperaturas del orden de 315 °C.

El vapor de calentamiento se usa solamente para campanas que operan a bajos rangos de temperatura; pero quemadores de gas de fuego directo son recomendados para flexibilidad de control de temperaturas en rangos mayores.

Analizando ahora todo el sistema que rodea a una campana de alta velocidad, tenemos: una campana de dos cámaras, una en el lado húmedo y otra independiente en el lado seco. Tenemos inicialmente dos ductos en cada cámara, uno de suministro de aire



y el otro de extracción. Ambos se encuentran comunicados por un "by-pass" que deberá permanecer cerrado durante la operación. Tenemos además un ducto de recirculación para aprovechar al máximo el aire caliente con poca humedad y ahorrar así combustible y gasto de aire. Junto con este aire recirculado, estamos alimentando aire fresco con poca humedad y favoreciendo así la combustión en la cámara del quemador que calienta el aire de suministro.

Finalmente, un ventilador de extracción con su compuerta de control para extraer la cantidad de aire húmedo deseado sin detrimento del equilibrio del sistema

Debido a que en el lado húmedo la absorción de agua es notablemente mayor, la recirculación deberá ser mínima, mientras que el aire fresco (make-up) deberá irse al máximo posible. En el lado seco sucede lo contrario. La humedad por absorber es muy baja, consecuentemente la recirculación debe ser máxima y por ende, el aire fresco (make-up) mínimo.

3.- Remoción de Condensado.

Los secadores de papel son calentados por vapor condensado en la superficie interior de la carcaza. El vapor condensa en la superficie interior del secador a medida que el calor es cedido a través de la carcaza y las tapas.

La remoción de condensado se efectúa a través de sifones, o, a través de la flecha de transmisión del mismo seca-dor, por la cual el vapor es introducido.

La condensación es un proceso a temperatura constante, conociendo la presión dentro del secador, se puede determininar la temperatura exacta de la condensación consultando tablas de vapor correspondientes. Una buena condensación ayudará a mantener uniforme el secado. Si ocurriera que gases no condensables estuvieran mezclados con el vapor - en el interior del secador, reduciría la capacidad de secado y la uniformidad del mismo. Esto ocurre si el vapor entra y el condensado sale por el mismo extremo, lo cual mejora purgando estos gases frecuentemente durante una - operación.

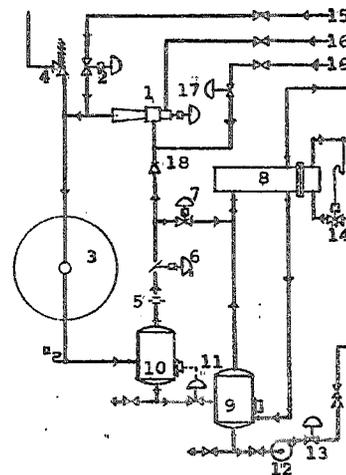
El problema de los gases incondensables es más serio en secadores operando a menos de la presión atmosférica, - donde el aire puede entrar al sistema. Otra fuente de incondensables es el mismo vapor proveniente de la caldera, a pesar de que el agua alimentada a la caldera sea desga seada en el desareador.

El condensado en el interior de un secador se comporta - de acuerdo a la velocidad del mismo secador. En máquinas con secadores Yankees, la superficie de condensado se - mueve a velocidades hasta de 4000 pies por minuto.

Desde hace algunos años, los termocompresores han sido - usados en conjunción con sistemas de control de vapor de secador MG y Yankee. Recientemente, trabajo adicional sobre estos sistemas ha sido llevado a cabo para mejoramien to en el diseño, para una flexibilidad máxima en un ran go amplio de aplicaciones en ambos secadores, desde gra dos Tissue hasta cartones de peso alto.

El sistema de condensado y vapor es del tipo de recircu lación de termocompresor, donde el porcentaje alto del - vapor BLOW TROUGH, necesario para mantener buena evacua ción de condensado y buenas velocidades de secado, es recirculado a través del cilindro MG por medio de un termo

- 1.- Termocompresor.
- 2.- Válvula de Control de Vapor de Repuesto.
- 3.- Cilindro Secador.
- 4.- Válvula de Seguridad.
- 5.- Placa de Orificio.
- 6.- Válvula de Control de Recirculación.
- 7.- Válvula para Control de Vaciado.
- 8.- Condensador.
- 9.- Tanque de Condensado (principal).
- 10.- Separador.
- 11.- Válvula de Control de Nivel.
- 12.- Bomba de Condensados.
- 13.- Válvula controladora.
- 14.- Válvula de Control de Temperatura.
- 15.- Suministro de Vapor.
- 16.- Suministro de vapor de Repuesto.
- 17.- Válvula de Control.
- 18.- Vapor de Baja Presión (flasheado).
- 19.- Suministro de Vapor.



T E S I S	
Estudio de Secado y Prensado en una Máquina de Papel	
Sistema de Eliminación de Conden- sados en un Secador Cilíndrico	
F E C H A	E S C A L A
Enero de 1980	sin
FACULTAD DE QUÍMICA. UNAM	
CALLEJAS PARJAT LEONOR DE LA LUZ	

compresor (1).

La presión en el cilindro es ajustada mediante un controlador de presión, el cual primero abre el termocompresor totalmente o a una abertura parcial preajustada. La abertura parcial del termocompresor es ajustable, la cual es útil - donde una fuente separada de vapor motriz (vapor vivo) de alta presión está disponible; lo principal para economizar en el uso de este vapor de alta presión. Teniendo abierto el termocompresor, el controlador de presión entonces - empezaría a abrir la válvula de control de vapor de repuesto (2) el cual es usado para ajustar el vapor de suministro hacia el cilindro MG (3) y mantener la presión de ajuste requerida. El termocompresor está diseñado para asegurar que el suministro de vapor motriz sea siempre menor que la velocidad de condensación en el cilindro sobre el rango de diseño de operación; de esta manera, se asegura que el uso de vapor de repuesto sea siempre necesario.

En el caso que la presión de vapor de suministro exceda - la presión de operación del cilindro MG, una válvula de seguridad (4) está colocada. La cantidad de vapor recirculado en el sistema es proporcionado para un rango de velocidades específicas teóricas a través del sifón del cilindro MG, y un controlador indicador de velocidad, está colo-

cado para el control del flujo de recirculación. El flujo es medido a través de un arreglo de placa de orificio (5); la presión diferencial está medida por un transmisor de flujo. La densidad de vapor es medida mediante un transmisor de presión calibrado especialmente para este efecto.

Para una generación de presión diferencial dada por el termo compresor, se inicia un flujo dado de vapor BLOW TROUGH; la presión puede modificarse por una válvula de control de recirculación (6), ajustado mediante el control de velocidad para mantener el flujo en el punto requerido. Deberá el termocompresor cesar su función o dejar de operar, o pararlo de liberadamente en una ruptura de papel o en un arranque, entonces la velocidad requerida en el sifón no será mantenida, y por lo tanto, una válvula de control para vaciado (7) está colocada para operarse secuencialmente con la válvula de control de recirculación (6), la cual mantendrá el flujo de vapor mediante el inundamiento del condensador (8); el condensado estará regresando al tanque de condensado principal (9) para ser retornado al departamento de Calderas.

El condensado del cilindro MG es recolectado en el separador del MG(10), desde donde fluye hacia el tanque principal de condensados (9) donde el nivel es controlado por una válvula (11). El condensado del cilindro MG flashearé en el tanque de conden

sado principal, y este vapor flasheado fluirá hacia el condensador (8). El condensado retornará hacia el tanque principal de condensados (9) por gravedad.

El condensado del tanque principal de condensados (9) es bombeado a calderas mediante una bomba de condensados (12) con nivel controlado por válvulas. (3).

El condensador (8) está venteado a la atmósfera con el objeto de descargar aire y otros gases incondensables.

Un flujo de agua de enfriamiento es requerido por el condensador (8), el cual es regulado mediante una válvula de control de temperatura (14), dando una temperatura de salida del agua constante, la cual puede ser usada en otro proceso. No debe existir control adicional de la corriente de salida de agua de enfriamiento del condensador.

El suministro de vapor principal requerido para alimentar al termocompresor entra por (15). El vapor de repuesto para el control de presión mediante la válvula (2) entra en (16). El sistema es calentado con vapor (19) bajo el control de una válvula (17).

Este sistema está operando actualmente en varios países del mundo.

IV) COMPARACION DE MAQUINA DE PAPEL TISSUE DE UN FIELTRO
V.S. MAQUINA DE PAPEL TISSUE DE DOBLE FIELTRO.

4.1) Balances de materiales.

MAQUINA DE UN FIELTRO:

Específicamente en la sección de prensas observamos que ésta empieza con el cilindro de succión Pick-up y termina al salir la hoja de papel de la última prensa.

El pick-up tiene dos funciones, primeramente el de transferir la hoja de papel de la tela a las prensas, y la segunda, eliminar tanta agua como sea posible para minimizar los costos de secado del papel por alto consumo de vapor.

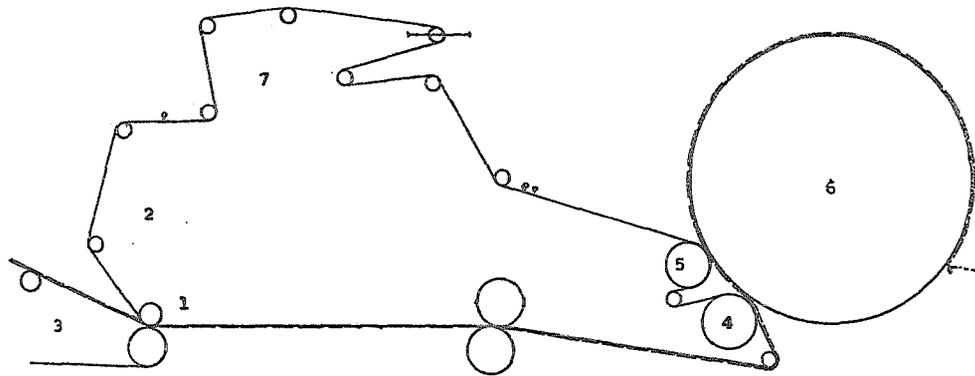
El sistema de pick-up o transportador de vacío de la hoja de la tela a las prensas, es universal en máquinas de alta velocidad. Tal es el caso de la máquina seleccionada para este estudio, cuyos datos de diseño y operación en los que se basa el balance de materiales, son los siguientes:

BALANCE DE AGUA Y FIBRAMAQUINA DE UN FIELTROCONDICIONES:

1. Producción en el Reel	50 T/D
2. Velocidad en el Yankee	794 MPM
3. Velocidad en el Reel	661.6 MPM
4. Peso base del papel	16 GR/M ²
5. Ancho útil del papel	3.28 M
6. Humedad del papel en el Reel	5.5 %
7. Humedad en las prensas	70 %
8. Humedad en la mesa	80 %
9. Relación de crepado	20 %
10. Tipo de papel	HIGIENICO TISSUE

NOMENCLATURA USADA EN LOS CALCULOS DE BALANCE:

T/D = TON/DIA	P = PRODUCCION	C = CONSISTENCIA
H = HUMEDAD	V _r = VELOCIDAD REEL	R = RETENCION
F = FIBRA	V _y = VELOCIDAD YANKEE	Cr = CREPADO
W = AGUA	A = ANCHO	G = GRAMAJE

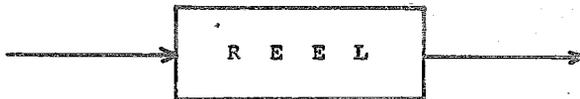


- 1) Zapata
- 2) Fieltro Pick-up
- 3) Tela
- 4) Prensa de succión
- 5) Prensa plana
- 6) Secador Yankee
- 7) Rodillos guía fieltro
- 8) Papel - - - - -

T E S I S	
Estudio de Secado y Prensado en una Máquina de Papel	
MAQUINA DE UN FIELTRO	
Fecha:	Fac. Química
Enero/1980	UNAM
LEONOR DE LA LUZ CALLEJAS F	

BALANCE UNITARIO EN EL REEL

$$P = 50 \text{ T/D}$$



$$P = 51.5 \text{ T/D}$$

$$H = 5.5 \%$$

$$F = 48,67 \text{ T/D}$$

$$W = 2.83 \text{ T/D}$$

$$A = 3.38 \text{ M}$$

$$G = 16 \text{ GR/M}^2$$

$$V_r = 661.6 \text{ MPM}$$

$$P = 50 \text{ T/D}$$

$$H = 5.5 \%$$

$$F = 47.25$$

$$W = 2.75 \text{ T/D}$$

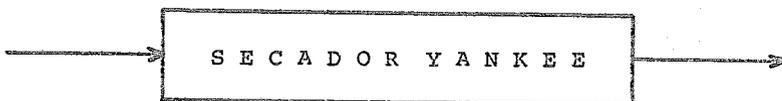
$$A = 3.28 \text{ M}$$

$$G = 16 \text{ Gr/m}^2$$

$$V_r = 661.6 \text{ MPM}$$

$$50 \text{ T/D} \frac{3.38}{3.28} = 51.5 \text{ T/D}$$

BALANCE UNITARIO EN EL SECADOR



$$P = 162.2 \text{ T/D}$$

$$H = 70 \%$$

$$F = 48.67 \text{ T/D}$$

$$W = 113.56 \text{ T/D}$$

$$A = 3.38 \text{ M}$$

$$V_r = 793.9 \text{ MPM}$$

$$R = 20 \%$$

$$P = 51.5 \text{ T/D}$$

$$H = 5.5 \%$$

$$F = 48.67 \text{ T/D}$$

$$W = 2.83 \text{ T/D}$$

$$A = 3.38 \text{ M}$$

$$G = 16 \text{ GR/M}^2$$

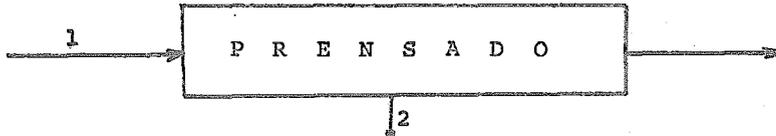
$$V = 661.6 \text{ MPM}$$

$$\% \text{ Cr} = \frac{V_y - V_r}{V_r} \times 100$$

$$P = F \times \frac{100}{30}$$

BALANCE UNITARIO EN LAS PRENSAS

$$P_1 - P_2 = P$$



$P_1 = 244.14 \text{ T/D}$	$P_2 = 81.94 \text{ T/D}$	$P = 162.2 \text{ T/D}$
$H_1 = 80 \%$	$F_2 = 0.1638 \text{ T/D}$	$H = 70 \%$
$F_1 = 48.83 \text{ T/D}$	$W_2 = 81.78 \text{ T/D}$	$F = 48.67 \text{ T/D}$
$W_1 = 195.3 \text{ T/D}$	$C = 200 \text{ ppm}$	$W = 113.56 \text{ T/D}$
$A_1 = 3.38 \text{ M}$	$C = 0.002 \text{ Kg/Kg}$	$A = 3.38 \text{ M}$
		$V_r = 793.0 \text{ MPM}$

- Balance de agua:

$$0.8 P_1 = (1 - 0.002) P_2 + W$$

$$0.8 P_1 = 0.998 P_2 + 113.56$$

- Balance de fibra:

$$0.2 P_1 = 0.002 P_2 + F$$

$$0.2 P_1 = 0.002 P_2 + 48.67$$

- Sustituyendo:

$$0.8 P_1 = 0.998 P_2 + 113.56$$

$$0.2 P_1 = 0.002 P_2 + 48.67$$

- Multiplicando por 4 y restando:

$$0.8 P_1 = 0.998 P_2 + 113.56$$

$$-0.8 P_1 = -0.008 P_2 - 194.68$$

$$0 = 0.990 P_2 - 81.12$$

$$P_2 = \frac{81.12}{0.99} = 81.94$$

$$P_1 - P_2 = P$$

$$P_1 = P + P_2 = 162.2 + 81.94 = 244.14$$

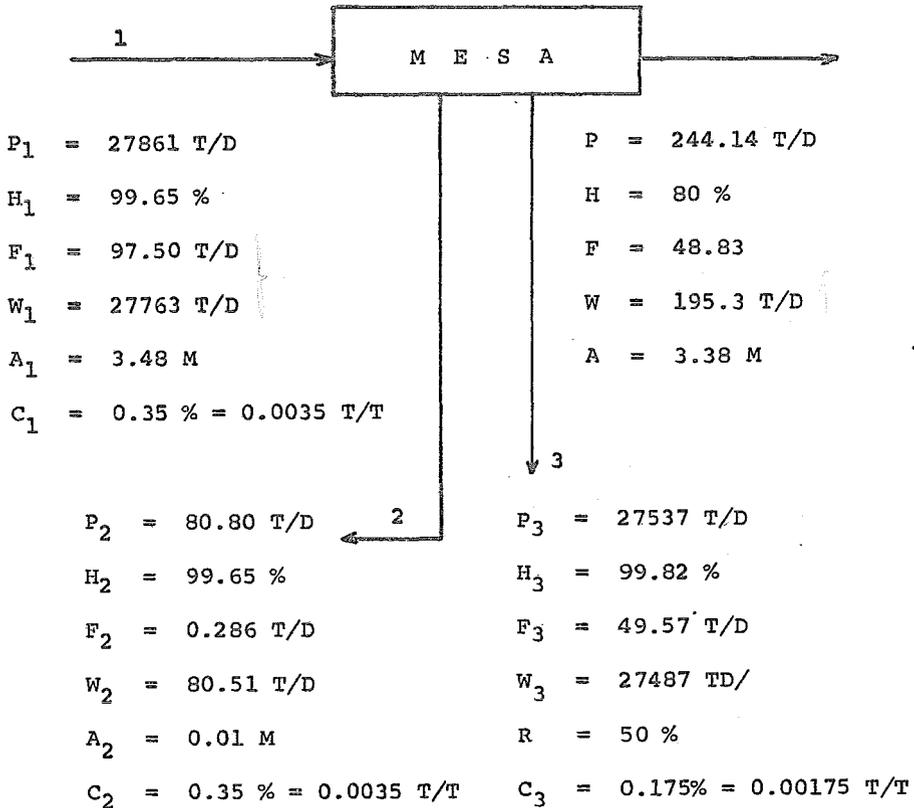
$$P_1 = 244.14 \text{ T/D}$$

Subíndice (1): entrada de la hoja de papel a la sección de prensado o salida de la mesa de formación.

Subíndice (2): Agua y fibra que se extraen de la hoja de papel en la sección de prensado

BALANCE UNITARIO EN LA MESA

$$P_1 = P_2 + P_3 + P$$



Subíndice (1): flujo de pasta a la mesa de formación

Subíndice (2): tiras marginales de pasta que se cortan en la mesa

Subíndice (3): Agua y fibra que se extraen de la hoja de papel denominada "agua de charolas"

- Balance de fibra:

$$0.0035 P_1 = 0.0035 P_2 + 0.00175 P_3 + F$$

$$0.0035 P_1 = 0.0035 P_2 + 0.00175 P_2 + 48.83$$

- Balance de agua:

$$0.9965 P_1 = 0.9965 P_2 + 0.9982 P_3 + W$$

$$0.9965 P_1 = 0.9965 P_2 + 0.9982 P_3 + 195.3$$

- Relacionando:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$P_2 = \frac{A_2}{A_1} P_1$$

$$P_2 = 0.0029 P_1$$

- Sustituyendo P_2 en:

$$0.0035 P_1 = 0.0035 (0.0029 P_1) + 0.00175 P_3 + 48.83$$

$$0.9965 P_1 = 0.9965 (0.0029 P_1) + 0.9982 P_3 + 195.3$$

$$0.0035 P_1 = 0.0000101 P_1 + 0.00175 P_3 + 48.83$$

$$0.9965 P_1 = 0.00289 P_1 + 0.9982 P_3 + 195.3$$

$$0.00348 P_1 = 0.00175 P_3 + 48.83$$

$$0.9936 P_1 = 0.9982 P_3 + 195.3$$

- Despejando P_1 :

$$P_1 = \frac{0.00175 P_3 + 48.83}{0.00348}$$

$$P_1 = 0.503 P_3 + 14031.6$$

- Sustituyendo P_1 en:

$$0.9936 P_1 = 0.9982 P_3 + 195.3$$

$$0.9936 (0.503 P_3 + 14031.6) = 0.9982 P_3 + 195.3$$

$$0.499 P_3 + 13941.8 = 0.9982 P_3 + 195.3$$

$$0.499 P_3 - 0.9982 P_3 = 195.3 - 13941.8$$

$$P_3 = \frac{13746.5}{0.4992}$$

$$P_3 = 27,537 \text{ T/D}$$

- Sustituyendo P_3 en:

$$0.9936 P_1 = 0.9982 P_3 + 195.3$$

$$0.9936 P_1 = 0.9982 (27537) + 195.3$$

$$P_1 = 27861$$

- Sustituyendo P_1 en:

$$P_2 = 0.0029 P_1$$

$$P_2 = 0.0029 (27861)$$

$$P_2 = 80.80 \text{ T/D}$$

MAQUINA DE DOBLE FIELTRO:

Se emplea cuando tiene más importancia la obtención de una presión hidráulica baja sobre la hoja, que la reducción de la rehumectación una vez pasado el NIP. Da larga línea de contacto, da más tiempo al agua para desalojarse de la hoja en los casos donde este movimiento depende más del factor tiempo que del factor presión.

El punto débil de la prensa de fieltro doble es la rehumectación, la cual ocurre por ambos lados. Para obtener una rehumectación mínima, los fieltros deberán poseer una fina superficie provista de pequeñas cavidades capilares sobre la parte que da al papel.

La prensa de doble fieltro es muy sensible a la desuniformidad del fieltro y en algunos casos, esta desuniformidad ha eliminado prácticamente el desalojamiento del agua.

La máquina de fieltro doble seleccionada para este estudio, tiene los siguientes datos de operación y diseño, en los cuales está basado el cálculo del balance de materiales.

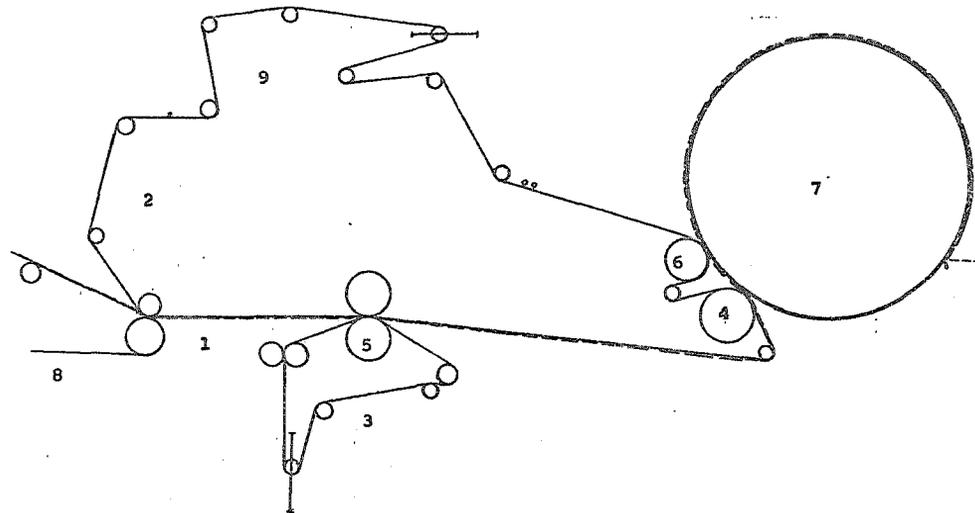
BALANCE DE AGUA Y FIBRA. MAQUINA DOS FIELTROS

CONDICIONES:

1. Producción en el Reel	50 T/D
2. Velocidad en el Yankee	794 MPM
3. Velocidad en el Reel	662 MPM
4. Peso base del papel	16 Gr/m ²
5. Ancho útil del papel	3.28 M
6. Humedad del papel en el Reel	5.5 %
7. Humedad en las prensas	60 %
8. Humedad en la mesa	80 %
9. Relación de crepado	20 %
10. Tipo de papel	HIGIENICO

NOMENCLATURA USADA EN LOS CALCULOS DE BALANCE:

T/D - Ton/día	A = Ancho	C = Consistencia
H = Humedad	P = Producción	R = Retención
F = Fibra	Vr = Velocidad Reel	Cr = Crepado
W = Agua	Vy = Velocidad Yankee	G = Gramaje



- 1) Zapata
 - 2) Filtro Pick-up
 - 3) Filtro inferior
 - 4), 5) prensas de succión
 - 6) Prensa plana
 - 7) Secador Yankee
 - 8) Tela
 - 9) Rodillos guía Filtro
- Papel - - - - -

T E S I S	
Estudio de Secado y Prensado en una máquina de Papel	
MAQUINA DE DOBLE FIELTRO	
Fecha:	FAC. Química
Enero/1980	UNAM
LEONOR DE LA LUZ CALLEJAS F.	

BALANCE UNITARIO EN EL REEL

$$P = 50 \text{ T/D}$$



$$P = 51.5 \text{ T/D}$$

$$H = 5.5 \%$$

$$F = 48.67 \text{ T/D}$$

$$W = 2.83 \text{ T/D}$$

$$A = 3.38 \text{ M}$$

$$G = 16 \text{ Gr/m}^2$$

$$Vr = 661.6 \text{ MPM}$$

$$P = 50 \text{ T/D}$$

$$H = 5.5 \%$$

$$F = 47.25 \text{ T/D}$$

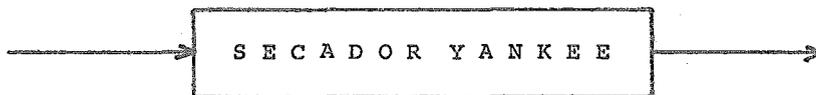
$$W = 2.75 \text{ T/D}$$

$$A = 3.28 \text{ M}$$

$$G = 16 \text{ Gr/m}^2$$

$$Vr = 661.6 \text{ MPM}$$

$$50 \text{ T/D} \frac{3.38}{3.28} = 51.5 \text{ T/D}$$

BALANCE UNITARIO EN EL SECADOR

$$P = 162.2 \text{ T/D}$$

$$H = 70 \%$$

$$F = 48.67 \text{ T/D}$$

$$W = 113.56 \text{ T/D}$$

$$A = 3.38 \text{ M}$$

$$V_y = 793.9 \text{ MPM}$$

$$C_r = 20 \%$$

$$P = 51.5 \text{ T/D}$$

$$H = 5.5 \%$$

$$F = 48.67 \text{ T/D}$$

$$W = 2.83 \text{ T/D}$$

$$A = 3.38 \text{ M}$$

$$G = 16 \text{ Gr/m}^2$$

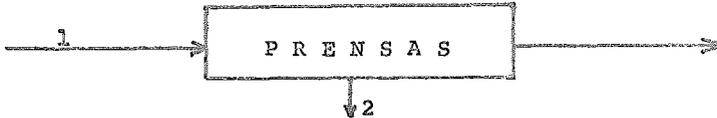
$$V_r = 661.6 \text{ MPM}$$

$$\% Cr = \frac{V_y - V_r}{V_r} \times 100$$

$$P = F \times \frac{100}{30}$$

BALANCE UNITARIO EN LAS PRENSAS

$$P_1 - P_2 = P$$



$P_1 = 326.87 \text{ T/D}$	$P_2 = 164.67 \text{ T/D}$	$P = 162.2 \text{ T/D}$
$H_1 = 80 \%$	$F_2 = 0.494 \text{ T/D}$	$H = 60 \%$
$F_1 = 65.4 \text{ T/D}$	$W_2 = 164.18 \text{ T/D}$	$F = 64.88 \text{ T/D}$
$W_1 = 261.5 \text{ T/D}$	$C = 300 \text{ ppm}$	$W = 97.32 \text{ T/D}$
$A_1 = 3.38 \text{ M}$	$C = 0.003 \text{ T/D}$	$A = 3.38 \text{ M}$
		$V_r = 793.9 \text{ MPM}$

- Balance de agua

$$0.8 P_1 = (1 - 0.003) P_2 + W$$

$$0.8 P_1 = 0.997 P_2 + 97.32$$

- Balance de fibra

$$0.2 P_1 = 0.003 P_2 + F$$

$$0.2 P_1 = 0.003 P_2 + 64.88$$

- Sustituyendo

$$0.8 P_1 = 0.997 P_2 + 97.32$$

$$0.2 P_1 = 0.003 P_2 + 64.88$$

- Multiplicando por 4 y restando

$$0.8 P_1 = 0.997 P_2 + 97.32$$

$$-0.8 P_1 = 0.012 P_2 - 259.52$$

$$0 = - 0.985 P_2 - 162.2$$

$$P_2 = \frac{162.2}{0.985} = 164.670$$

$$P_1 - P_2 = P$$

$$P_1 = P_2 + P$$

$$P_1 = 164.67 + 162.2$$

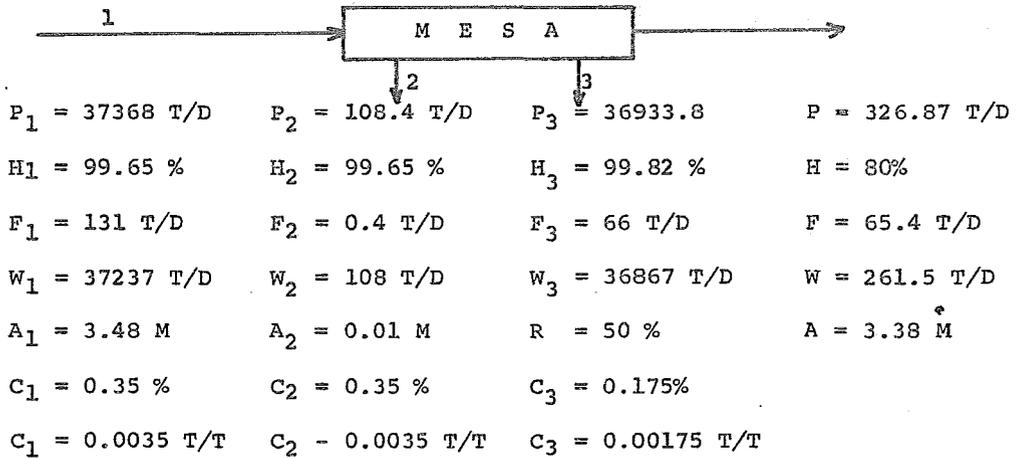
$$P_1 = 326.87 \text{ T/D}$$

Subíndice (1): Entrada de la hoja de papel a la sección de prensado o salida de la mesa de formación

Subíndice (2): Agua y fibra que se extraen a la hoja en la sección de prensado

BALANCE UNITARIO EN LA MESA

$$P_1 = P_2 + P_3 + P$$



- Balance de fibra

$$0.0035 P_1 = 0.0035 P_2 + 0.00175 P_3 + F$$

$$0.0035 P_1 = 0.0035 P_2 + 0.00175 P_3 + 65.4$$

- Balance de agua

$$0.9965 P_1 = 0.9965 P_2 + 0.9982 P_3 + W$$

$$0.9965 P_1 = 0.9965 P_2 + 0.9982 P_3 + 261.5$$

- Relacionando

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$P_2 = \frac{A_2}{A_1} P_1$$

$$P_2 = 0.0029 P_1$$

- Sustituyendo P_2 en

$$0.0035 P_1 = 0.0035 (0.0029 P_1) + 0.00175 P_3 + 65.4$$

$$0.9965 P_1 = 0.9965 (0.0029 P_1) \pm 0.9982 P_3 + 261.5$$

$$0.0035 P_1 = 0.0000102 P_1 + 0.00175 P_3 + 65.4$$

$$0.9965 P_1 = 0.00289 P_1 + 0.9982 P_3 + 261.5$$

$$0.00348 P_1 = 0.00175 P_3 + 65.4$$

$$0.99361 P_1 = 0.9982 P_3 + 261.5$$

- Despejando P_1

$$P_1 = \frac{0.00175 P_3 + 65.4}{0.00348}$$

$$P_1 = 0.5029 P_3 + 18793.1$$

- Sustituyendo P_1 en

$$0.99361 P_1 = 0.9982 P_3 + 261.5$$

$$0.99361 (0.5029 P_3 + 18793.1) = 0.9982 P_3 + 261.5$$

$$0.4997 P_3 + 18673 = 0.9982 P_3 + 261.5$$

$$-0.4997 P_3 + 0.9982 P_3 = -261.5 + 18673$$

$$P_3 = \frac{18411.5}{0.4985}$$

$$P_3 = 36933.8 \text{ T/D}$$

- Sustituyendo P_3 en

$$0.99361 P_1 = 0.9982 P_3 + 261.5$$

$$0.99361 P_1 = 0.9982 (36933.8) + 261.5$$

$$0.99361 P_1 = 37128.8$$

$$P_1 = 37367.8$$

- Sustituyendo P_1 en

$$P_2 = 0.0029 P_1$$

$$P_2 = 0.0029 (37376.8) = 108.4$$

$$P_2 = 108.4 \text{ T/D}$$

Subíndice (1): Flujo de pasta a la mesa de formación

Subíndice (2): Tiras marginales de pasta que cortan los "huizaches" en la mesa de formación

Subíndice (3): Agua y fibra que se extraen de la hoja de papel, denominada "agua de charolas"

4.2) BALANCES DE CALOR

CONDICIONES

Calor absorbido por la fibra	Qf
Calor absorbido por el agua evaporada	QAE
Calor absorbido por el agua no evaporada	QANE
Calor cedido por el vapor al Yankee	QV
Calor cedido por el gas a la campana	QG
Calor total cedido	QC
Calor total absorbido	QA

La siguiente igualdad nos representa el caso ideal de un balance de calor:

$$QC = QA$$

$$QC = QF + QAE + QANE$$

Usualmente se trabaja con eficiencias de secado del orden de un 65%, llegándose a obtener de un 30% a 35% de pérdidas de calor. El punto importante es el hecho de que cualquier sesión de calor del sistema de secado que no conduzca a evaporar el agua de la hoja de papel, es una pérdida de calor.

Si se lograran reducir las pérdidas de calor en el sistema, significará una mayor velocidad de transferencia de transmisión de calor, algunas veces por fortuna y otras desafortunadamente, la transmisión de calor tiene lugar en todas direcciones. Es ventajoso por ejemplo, en un serpentín, pero desventajoso en casos tales como un secador cilíndrico, en el que necesitamos que el calor se transmita en una sola dirección, hacia la hoja de papel

- Balance de calor en la sección de secado de una máquina de papel Tissue con doble fieltro

CONDICIONES:

Consumo de gas	75 M ³ /Ton papel
Consumo de vapor	1.75 Ton/Ton. papel
Presión de vapor	5.0 Kg/cm ²

Presión diferencial	1.05 Kg/cm ²
Temperatura de campana	393 ° C
Humedad antes del Yankee	60 %
Humedad en el Reel	5.5 %
Gramaje del Papel	16.0 Gr/m ²
Ancho del rollo	3.28 m
Producción máquina	50 Ton/día

- Calor cedido por el vapor: (QV)

$$Q_v = W (H_v - h_L)$$

$$H_v = \text{Entalpia vapor (KCAL/KG)} @ P_a$$

$$h_L = \text{Entalpia líquido (KCAL/KG)} @ T_x$$

$$W = \text{Masa de vapor (KG)}$$

$$P_a = \text{Presión absoluta} = P_m + P_b \text{ (KG/CM}^2\text{)}$$

$$P_m = \text{Presión manométrica (KG/CM}^2\text{)}$$

$$P_b = \text{Presión barométrica (KG/CM}^2\text{)}$$

$$T_x = \text{Temperatura del condensado (°C)}$$

a) MASA DEL VAPOR (W)

$$1.75 \frac{\text{Ton Vapor}}{\text{Ton Papel}} \times \frac{50 \text{ Ton Papel}}{\text{D I A}} = 87.5 \text{ Ton/día} = 3646 \text{ KG/HR}$$

$$W = 3646 \text{ KG/HR}$$

b) ENTALPIA DEL VAPOR: (Hv)

$$H_v @ P_a$$

$$P_a = P_m + P_b = 17 \text{ Kg/cm}^2$$

$$H_v = 460.3 \text{ KCal/Kg.}$$

$$P_m = 16.2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_b = 0.8 \text{ Kg/cm}^2 \text{ abs}$$

c) ENTALPIA DEL LIQUIDO (HL)

$$HL @ T_x$$

$$T_x = 59 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$HL = 59.3 \text{ KCAL/KG}$$

d) CALOR CEDIDO POR EL VAPOR (QV)

$$Q_v = W (H_v - H_L)$$

$$Q_v = (460.3 - 59.3) (3646 \text{ KG/HR})$$

$$Q_v = 1.462 \times 10^6 \text{ KCAL/HR}$$

- Calor cedido por el gas: (QG)

$$Q_G = (PC) (\phi)$$

PC = Poder calorífico del gas natural (KCAL/M³)

ϕ = Consumo de gas (M³/HR)

a) CONSUMO DE GAS

$$75 \frac{\text{M}^3}{\text{ton}} \times \frac{50 \text{ Ton}}{\text{DIA}} \times \frac{\text{DIA}}{24 \text{ Hr.}} = 156.25 \frac{\text{M}^3}{\text{Hr}}$$

$$\phi = 156.25 \text{ M}^3/\text{Hr}$$

b) PODER CALORIFICO DEL GAS NATURAL (PC)

$$PC = 8430 \text{ KCAL/M}^3$$

c) CALOR CEDIDO POR EL GAS (QG)

$$Q_G = (PC) (\phi)$$

$$Q_G = (8430 \text{ KCAL/M}^3)(156.25 \text{ M}^3/\text{Hr})$$

$$Q_G = 1.317 \times 10^6 \text{ KCAL/HR}$$



- Calor absorbido por la celulosa (QF)

$$Q_F = W_{Cp} (T_F - T_i)$$

a) BALANCE DE MATERIAL

$$W_{\text{Fibra}} = \frac{\% \text{Fibra}}{100} \times \text{Papel en el Reel}$$

$$\% \text{Fibra en el Reel} = 94.5$$

$$\text{Papel en el Reel} = 2.083 \text{ Kg/Hr}$$

$$W_{\text{Fibra}} = (0.945) 2083 \text{ KG/HR}$$

$$W_{\text{Fibra}} = 1968.4 \text{ KG/HR}$$

b) BALANCE DE CALOR

$$Q_F = (W_{\text{Fibra}}) (C_p \text{ Fibra}) (T_F - T_i)$$

$$C_p = 0.32 \text{ KCAL/KG } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_i = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_F = (1968.4 \text{ KG/HR}) (0.32 \text{ KCAL/KG } ^\circ\text{C}) (40 - 35) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_F = 0.003 \times 10^6 \text{ KCAL/HR}$$

- Calor absorbido por el agua evaporada (QAE)

$$Q_{AE} = W C_p (T_f - T_i) + W \lambda$$

a) BALANCE DE MATERIA

$$\text{AGUA EVAPORADA} = (\text{Agua final} - \text{Agua inicial})$$

$$\text{Papel en el reel} \quad 2083 \text{ KG/HR}$$

$$\text{Humedad en el reel} \quad 5.5 \%$$

$$\text{Agua} \quad 2083 \times 0.055 = 114.56 \text{ KG/HR}$$

$$\text{Agua final} \quad 114.56 \text{ KG/HR}$$

Agua inicial (antes del Yankee)

Humedad 60 %

Fibra 40 %

$$\text{Agua} = \frac{W \text{ Fibra} \times 0.6}{0.4} = 1968.4 \times \frac{0.6}{0.4} = 2952.6 \text{ KG/HR}$$

Agua inicial = 2952.6 KG/HR

Agua evaporada = 2838 KG/HR

b) BALANCE DE CALOR (Agua evaporada) QAE

$$Q_{AE} = W_{\text{agua}} C_{p \text{ agua}} (T_f - T_i) + W_{\text{agua}} \lambda$$

$$\lambda \text{ (}^{\circ}\text{) Patmosférica (0.8 KG/CM}^2\text{)} = 543.5 \text{ KCAL/KG}$$

$$W = 2838 \text{ KG/HR}$$

$$C_p = 1.0 \text{ KCAL/KG } ^{\circ}\text{C}$$

$$T_f = 92 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$T_i = 35 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{AE} = (2838 \text{ KG/HR}) (1.0 \text{ KCAL/KG } ^{\circ}\text{C}) (92-35) ^{\circ}\text{C} + 2838 \text{ KG/HR} \\ (543.5 \text{ KCAL/KG})$$

$$Q_{AE} = 161,766 + 1,542,453 = 1,704,219 \text{ KCAL/HR}$$

$$Q_{AE} = 1.704 \times 10^6 \text{ KCAL/HR}$$

- Calor absorbido por el agua no evaporada (QANE)

$$Q_{ANE} = W C_p (T_F - T_i)$$

$$W = 114.56 \text{ KG/HR}$$

$$C_p = 1.0 \text{ KCAL/KG } ^{\circ}\text{C}$$

$$T_F = 40 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$T_i = 35 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{ANE} = (114.56 \text{ KG/HR}) (1.0 \text{ KCAL/KG } ^\circ\text{C}) (40-35) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{ANE} = 0.0006 \times 10^6 \text{ KCAL/HR}$$

BALANCE TERMICO TOTAL

(KCAL/HR)	CALOR CEDIDO +Q	CALOR ABSORBIDO - Q
V A P O R	1.462×10^6	---
G A S	1.317×10^6	---
AGUA EVAPORADA	---	1.704×10^6
AGUA NO EVAPORADA	---	0.0006×10^6
C E L U L O S A	<u>---</u>	<u>0.003×10^6</u>
T O T A L	2.779×10^6	1.7076×10^6

La diferencia entre el calor cedido y el calor absorbido nos representa el porcentaje de pérdidas de calor, que en este caso es del orden de 38.5%

- Balance de calor en la sección de secado de una máquina de papel Tissue de un fieltro

CONDICIONES

Consumo de gas	52 M ³ /Ton
Consumo de vapor	1.88 Ton/Ton papel
Presión de vapor	6.0 Kg/cm ²
Presión diferencial	1.1 Kg/cm ²
Temperatura de campana	448.9 °C
Humedad antes del Yankee	70 %
Humedad en el Reel	5.5 %
Gramaje del papel	16.0 GR/M ²
Ancho del rollo	3.28 M
Producción de la Máquina	50 T/D

CALOR CEDIDO POR EL VAPOR (Qv)

$$Q_v = W (H_v - H_L)$$

$$H_v = \text{Entalpía de vapor (KCAL/KG) @ } P_a$$

$$h_L = \text{Entalpía del líquido (KCAL/KG) @ } T_x$$

$$T_x = \text{Temperatura de condensado (°C)}$$

$$W = \text{Masa de vapor (KG)}$$

$$P_a = \text{Presión absoluta} = P_m + P_b \text{ (KG/CM}^2\text{)}$$

$$P_m = \text{Presión manométrica (KG/CM}^2\text{)}$$

$$P_b = \text{Presión barométrica (KG/CM}^2\text{)}$$

a) MASA DEL VAPOR (W)

$$1.88 \frac{\text{Ton. vapor}}{\text{Ton. Papel}} \times 50 \frac{\text{Ton. Papel}}{\text{D I A}} = 94 \text{ Ton/día} = 3917 \text{ KG/HR}$$

$$W = 3917 \text{ KG/HR}$$

b) ENTALPIA DEL VAPOR: (Hv)

$$H_v \text{ @ Pa}$$

$$P_a = P_m + P_b = 17.0 \text{ KG/CM}^2$$

$$P_m = 16.2 \text{ KG/CM}^2$$

$$P_b = 0.8 \text{ KG/CM}^2$$

$$H_v = 460.6 \text{ KCAL/KG}$$

c) ENTALPIA DEL LIQUIDO: (H_L)

$$H_L \text{ @ T}_x$$

$$T_x = 64 \text{ °C}$$

$$H_L = 64.22 \text{ KCAL/KG}$$

d) CALOR CEDIDO POR EL VAPOR: (Qv)

$$Q_v = W (H_v - H_L)$$

$$Q_v = (3917 \text{ KG/HR}) (460.6 - 64.22) \text{ KCAL/KG}$$

$$Q_v = 1.553 \times 10^6 \text{ KCAL/HR}$$

CALOR CEDIDO POR EL GAS (QG)

$$Q_G = (PC) (\Phi)$$

$$PC = \text{Poder calorífico del gas natural (KCAL/M}^3)$$

$$\Phi = \text{Consumo de gas (M}^3/\text{HR)}$$

a) CONSUMO DE GAS

$$52 \frac{\text{M}^3}{\text{Ton}} \times 50 \frac{\text{Ton}}{\text{Día}} \times \frac{\text{Día}}{24 \text{ Hr}} = 108.3 \text{ M}^3/\text{HR}$$

$$\Phi = 108.3 \text{ M}^3/\text{HR}$$

b) PODER CALORIFICO DEL GAS NATURAL (PC)

$$PC = 8430 \text{ KCAL/M}^3$$

c) CALOR CEDIDO POR EL GAS (QG)

$$Q_G = (PC) (\varphi)$$

$$Q_G = (8430 \text{ KCAL/M}^3) (108.3 \text{ M}^3/\text{HR})$$

$$Q_G = 0.913 \times 10^6 \text{ KCAL/HR}$$

CALOR ABSORBIDO POR LA CELULOSA (QF)

$$QF = WC_p (T_F - T_i)$$

a) BALANCE DE MATERIA

$$W_{\text{Fibra}} = \frac{\% \text{ FIBRA}}{100} \times \text{Papel en el reel}$$

$$\% \text{ Fibra en el Reel} = 94.5$$

$$\text{Papel en el reel} = 2083 \text{ Kg/HR}$$

$$W_{\text{Fibra}} = (0.945) (2083 \text{ KG/HR})$$

$$W_{\text{Fibra}} = 1968.4 \text{ KG/HR}$$

b) BALANCE DE CALOR

$$Q_F = (W_{\text{Fibra}}) (C_p \text{ Fibra}) (T_f - T_1)$$

$$C_p = 0.32 \text{ KCAL/KG } ^\circ\text{C}$$

$$T_F = 40^\circ\text{C}$$

$$T_i = 35^\circ\text{C}$$

$$Q_F = (1968.4 \text{ KG/HR}) (0.32 \text{ KCAL/KG } ^\circ\text{C}) (40 - 35) ^\circ\text{C}$$

$$QF = 0.003 \times 10^6 \text{ KCAL/HR}$$

CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA EVAPORADA (QAE)

$$Q_{AE} = WC_P (T_F - T_i) + W \lambda$$

a) BALANCE DE MATERIA

Agua evaporada = (agua final - agua inicial)

Papel en el Reel 2083 KG/HR

Humedad en el Reel 5.5 %

Agua = (2083 KG/HR) (0.055) = 114.56 KG/HR

Agua final = 114.56 KG/HR

Agua inicial (antes del Yankee)

Humedad 60%

Fibra 40%

$$\text{Agua} = \frac{W_{\text{Fibra}} \times 0.6}{0.4} = 1968.4 \times \frac{0.6}{0.4} = 2952.6 \text{ KG/HR}$$

Agua inicial = 2952.6 KG/HR

Agua evaporada = 2838 KG/HR

b) BALANCE DE CALOR

$$Q_{AE} = W_{\text{agua}} C_p \text{ agua} (T_F - T_i) + W_{\text{agua}} \lambda$$

$$\lambda \text{ (a) } P \text{ atmosférica (0.8 KG/CM}^2\text{)} = 543.5 \text{ KCAL/HG}$$

W = 2838 KG/HR

C_p = 1.0 KCAL/KG °C

T_f = 92 °C

T_i = 35 °C

$$Q_{AE} = (2838) (1.0) (92-35) + (2838) (543.5)$$

$$Q_{AE} = 161,766 + 1,542,453 = 1,704,219 \text{ KCAL/HR}$$

$$Q_{AE} = 1,704 \times 10^6 \text{ KCAL/HR}$$

CALOR ABSORBIDO POR EL AGUA NO EVAPORADA (QANE)

$$Q_{ANE} = WC_p (T_f - T_i)$$

$$W = 114.56 \text{ KG/HR}$$

$$C_p = 1.0 \text{ KCAL/KG } ^\circ\text{C}$$

$$T_f = 40^\circ\text{C}$$

$$T_i = 35^\circ\text{C}$$

$$Q_{ANE} = (114.56 \text{ KG/HR}) (1.0 \text{ KCAL/KG } ^\circ\text{C}) (40-35) ^\circ\text{C}$$

$$Q_{ANE} = 0.0006 \times 10^6 \text{ KCAL/HR}$$

BALANCE TERMICO TOTAL

(KCAL/HR)	CALOR CEDIDO +Q	CALOR ABSORBIDO -Q
V A P O R	1.553×10^6	----
G A S	0.913×10^6	
AGUA EVAPORADA	----	1.704×10^6
AGUA NO EVAPORADA	----	0.0006×10^6
CELULOSA	-----	<u>0.003×10^6</u>
T O T A L	2.466×10^6	1.7076×10^6

La diferencia entre el calor cedido y el calor absorbido nos representa el porcentaje de pérdidas de calor, que en este caso es del orden de 30.7%

4.3) EFECTO DE FIELTROS Y PRENSAS EN EL PERFIL DE HUMEDAD DEL PAPEL:

La sección de prensado de una máquina de papel tiene una gran variedad de funciones que pueden resumirse en los siguientes puntos:

- a) aumenta la consistencia o contenido de sólidos de la hoja de papel, removiendo un porcentaje de agua libre contenida en el papel después que éste ha sido formado.
- b) pasar el papel de la sección de formación a la de secado sin modificar su estructura.
- c) modificar las propiedades superficiales del papel
- d) reducir el volúmen específico del papel.

Las primeras dos funciones son siempre deseables y necesarias, tanto la compactación de la hoja de papel, como la influencia de los dos lados en una sección de secado, lo cual puede ser o no significativo, dependiendo de las características que se de seen dar a la hoja de papel.

La sección de prensado está íntimamente ligada a la velocidad a la que se desea correr una máquina y al tipo de papel, de esta manera, tenemos arreglos de 2,3 y 4 pares de prensas.

Es muy importante que en cada prensa tengamos:

- A) El recubrimiento adecuado
- B) El coronamiento requerido
- C) El fieltro más adecuado
- D) El sistema de vacío en la prensa de succión balanceado
- E) El NIP (huella) mas cercano al óptimo

A) El recubrimiento adecuado: de acuerdo a los requerimientos de nuestra Industria, constantemente se trata de encontrar nuevos materiales para la sección de prensas, los cuales permitan tener el máximo exprimido y una mayor velocidad. En base a lo anterior, los fabricantes de recubrimientos constantemente requieren de mayor información por

GOMA SELECCIONADA DE POLIMEROS (HULES)	CAUCHO NATURAL	SBR O BUNA S	BUTILIO	NITRIL O BUNA N	NEOPRENO	SILICONA	HYALON	EPDM HARDEL	CAUCHO DE EPICLOR-HIDRINA	POLIPETILENO CLORADO	FLUOR ELASTOMERO VITON	CAUCHO UREYANO ADIPIRENE	ELASTOMERO POLIURET. NYTRINEL
PROPIEDADES													
Límites de pureza (shoro A)	30-90	40-90	40-75	40-95	40-95	40-85	40-95	30-90	40-90	60-90	50-90	80A-75D	92A-72D
Adhesión a metales	E	E	B	E	E	E	E	R	RaB	RaB	RaB	E	B
Adhesión a telas	E	B	B	B	E	E	B	B	RaB	R	B	MB	B
Resistencia al desgarramiento	MB	R	B	R	B	P	R	R	RaB	R	RaB	E	Prom.
Resistencia a la abertura	E	BaE	B	B	E	P	E	BaE	RaB	B	B	Prom.	E
Deformación por compresión	B	B	R	B	RaB	R	R	B	P	B	E	R	R
Rebote en frío	E	B	P	B	B	E	R	E	B	R	R	B	B
Rebote en caliente	E	B	MB	B	MB	E	B	E	B	B	B	B	B
Resistencia dieléctrica	E	E	E	P	MB	B	MB	Prom.	B	E	MB	E	B
Electroaislamiento	BaE	BaE	BaE	P	RaB	E	B	Prom.	B	B	B	B	RaB
Permeabilidad a los gases	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja
Acidoresistencia Diluido	RaB	RaB	E	B	E	E	E	E	RaB	E	BaE	R	B
Concentrado	RaB	RaB	B	B	B	R	B	B	R	B	E	P	P
Resistencia a los Hidrocarburos Aromáticos Disolventes:	P	P	P	B	R	P	R	P	B	R	E	P	B
Hidrocarburos Alifáticos	P	P	P	E	RaB	P	RaB	P	E	B	E	RaB	E
Cetonas (oxigenadas, etc)	B	B	B	P	PaR	R	PaR	E	P	B	P	P	B
Disolvente de Lucas	P	P	RaB	R	P	P	P	PaB	R	R	PaR	P	B
Resistencia a:													
Hinchamiento en aceite Lab.	P	P	P	MB	B	R	B	P	E	B	E	B	MB
Aceite y Gasolina	P	P	P	E	B	R	B	P	E	B	E	B	MB
Aceites vegetales y animales	RaB	RaB	MB	MB	B	BaE	B	BaE	E	B	E	B	B
Oxidación	B	B	E	B	MB	E	E	E	B	E	Prom.	E	E
Osmo	P	P	E	R	MB	E	Prom.	Prom.	E	E	Prom.	E	E
Envejecimiento a la luz del sol	P	P	MB	P	MB	E	Prom.	Prom.	B	Prom.	Prom.	MB	MB
Envejecimiento en caliente	R	RaB	MB	B	B	Prom.	MB	E	MB	MB	Prom.	RaB	MB
Bajas temperaturas	MB	MB	B	RaB	B	Prom.	B	E	BaMB	B	RaB	E	Prom.
Llama	P	P	P	P	B	RaB	B	PaB	PaR	B	E	RaB	RaB

SIGNIFICADO DE LAS LETRAS

Pobre P
 Prominente Prom.
 Regular R
 Bueno B
 Muy bueno MB
 Excelente E

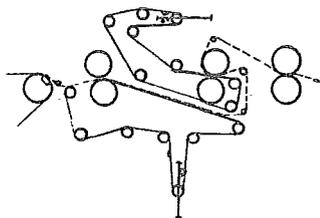
FUENTES: (11, 12, 13)

parte de los fabricantes de papel, para poder satisfacer sus necesidades de operación, en la misma forma, un fabricante de recubrimientos trata de brindar la mayor información acerca de los diferentes tipos de recubrimientos, no sólo para la sección de prensado, sino para toda la máquina de papel; desde un rodillo con dureza baja a un rodillo con características especiales de acuerdo a la combinación de los hules y a los tipos de mezcla que se realizan con ellos.

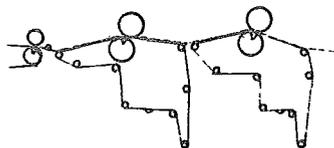
B) El coronamiento requerido: como consecuencia directa de que estamos laminando un producto, tenemos que los rodillos están aplicando la presión de los extremos al centro y de que el material laminado está desplazando al material de recubrimiento del centro a las orillas (en las orillas el material encuentra menor presión).

Si empleáramos prensas rectas, tendríamos defectos en nuestro laminado y destrucción de nuestro recubrimiento rápidamente. Por esta causa procedemos a compensar esa deflexión de las flechas y el exceso de presión mediante el coronamiento.

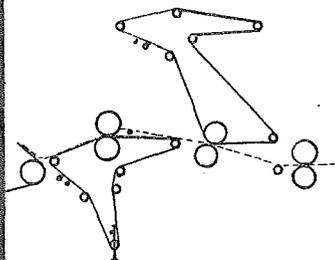
TIPOS DE SISTEMAS DE PENSADO.



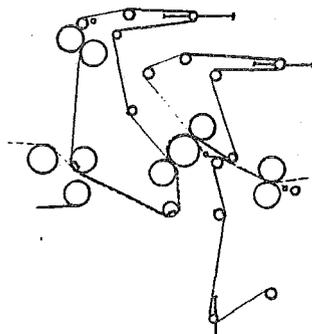
SISTEMA DE TIRO ABIERTO. EN LA PRIMERA PRENSA EL PAPEL ENTRA DIRECTO Y EN LA SEGUNDA, INVERTIDO.



MAQUINA ABIERTA. CON DOS PRENSAS DE SUCCION.



MAQUINA ABIERTA. EN LA PRIMERA PRENSA EL PAPEL ENTRA DIRECTO E INVERTIDO EN LA SEGUNDA.



RODILLO DE SUCCION PICK-UP CON UNA PRENSA BELOIT DOBLE Y UNA VENTA-NIP EN LA TERCERA PRENSA.

T E S I S

Estudio de Secado y Prensado
en una Máquina de Papel.
Enero/1980 Fac. Química UNAM
LEONOR DE LA LUZ CALLEJAS F.

El coronamiento de una prensa no es otra cosa que darle al recubrimiento del rodillo un terminado de segmento de circunferencia, es decir, que al centro su diámetro sea mayor que en el extremo, para evitar con ello que el rodillo se deforme y dar una mejor calidad al producto final.

Cuando los rodillos son rectos se tiene que:

- 1.- la cubierta del rodillo se deforma por exceso de presión.
- 2.- no se forma un exprimido uniforme.
- 3.- se pueden flexionar e incluso romper los rodillos.
- 4.- se obtiene una mala calidad del producto final .
- 5.- la cubierta se empieza a despegar por los extremos (el material se desplaza a las orillas).

La solución sería darle a la prensa un coronamiento adecuado y además, un chaflán (dubing) en los extremos.

Cualquier tipo de prensado debe coronarse para la presión lineal de operación y compensarse por la deflexión que sufren los rodillos que trabajarán en forma estática como dos vigas. El fabricante de máquina y el fabricante de recubrimientos de hule, nos ayudan a la selección final de un coronamiento, sin embargo, en el objetivo de acercarnos al

coronamiento ideal, podemos considerar los siguientes conceptos:

1.- los calibres y pruebas de debilitamiento a la tensión del fieltro son una indicación de la falta de coronamiento, por ejemplo:

Un fieltro 100% sintético, cuando nuevo, tiene una resistencia longitudinal aproximada de \pm 250 KG y transversal de \pm 200KG. En una tira de 2.5 cm de ancho al investigar su perfil, nos muestra zonas de desgaste excesivo, pudiendo llegar hasta valores de 140KG de resistencia final.

2.- los perfiles de humedad que se obtienen en la hoja de papel son de mucha utilidad para determinar si el coronamiento de la prensa es el adecuado o si será necesario corregir.

3.- las impresiones del NIP pueden dar una guía para corregir problemas de coronamiento.

PERFILES DE SECADO Y COMO SE AFECTAN POR EL
CORONAMIENTO, PRESION Y CONFIGURACION
DE LAS PRENSAS

CORONAMIENTO Y PRESION CO
RECTOS. PERFIL ADECUADO.



PRESION BAJA O UN CORONA-
MIENTO EXCESIVO.



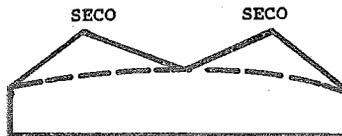
PRESION EXCESIVA EN LOS -
EXTREMOS O CORONAMIENTO
BAJO.



EXTREMOS DE LA PRENSA CON
BAJO CORONAMIENTO Y ALTA
PRESION.



EXTREMOS DE LA PRENSA CON
ALTO CORONAMIENTO Y BAJA
PRESION.



T E S I S
Estudio de Secado y Prensado
en una Máquina de Papel
Enero/1980 Fac. Química
LEONOR DE LA LUZ CALLEJAS F.

C) El fieltro más adecuado: la Industria del papel empezó a surgir desde 1895 como una parte importante en el desarrollo de América y Europa, ya que la demanda de papel aumentaba cada día más. En 1906, las máquinas de papel periódico surgen con anchos grandes y mejor acabado en la superficie del papel. En 1920 se empiezan a producir fieltros para aplicaciones especiales, de acuerdo a las características del papel producido, utilizando parcialmente ya en la fórmula, al godón, lana y de construcción múltiple. En 1930, el consumo de papel "per capita" llegó hasta 90.7 Kg y la velocidad de las máquinas se incrementó, por lo que para llenar estas necesidades, los nuevos diseños de fieltro surgen y se empiezan a utilizar tratamientos químicos para mantener su acondi-cionamiento. Fue hasta 1950 que se introducen las fibras de nylon en la composición del fieltro, dándole características de durabilidad y resistencia, particularmente a las velocidades de máquina requeridas.

En 1960 se inicia en el mercado el uso del fieltro agujado, lo que permitió el incremento de más fibras sintéticas en la formulación, encontrando para 1970 que el promedio de máqui-nas en operación, tienen instalados fieltros con un 50% de fibras sintéticas, las que dan mayor estabilidad y resis-
tencia al mismo.

Función del fieltro:

- 1.- absorber el agua que se exprime a la hoja de papel.
- 2.- evitar el aplastamiento (CRUSH) de la hoja en el NIP de la prensa.
- 3.- distribuir uniformemente la presión de la prensa sobre la hoja de papel.
- 4.- dar una buena superficie de acabado al papel.
- 5.- reducir el sombreado en prensas de ranuras o rodillos de succión.
- 6.- poder transferir la hoja de una posición a otra.
- 7.- actuar como banda de transmisión de los rodillos.

Como un fieltro es uno de los costos continuos de mayor importancia en la operación de la sección de prensas, se describe a continuación las propiedades que debe tener:

- 1.- una resistencia adecuada para soportar fuerzas de tensión, compresión y esfuerzos laterales.
- 2.- adecuadas propiedades de elongación.
- 3.- un fieltro debe tener un volumen libre adecuado para poder eliminar el agua que se exprime a la hoja de papel.
- 4.- permeabilidad adecuada (la permeabilidad de un fieltro debe mantenerse constante para evitar el acumulamiento de suciedades en su volumen libre, esto se logra mediante una limpieza adecuada y un buen acondicionamiento).

- 5.- baja compresibilidad.
- 6.- resistencia al calor.
- 7.- resistencia a productos químicos y bacterias.

Todas estas características y propiedades de los fieltros deben mantenerse durante la vida útil de los mismos para operar adecuadamente en la operación.

Consideraciones de Diseño:

- | | |
|-----------------|---|
| --- ACABADO | Depende exclusivamente del tipo de papel |
| ---DRENADO | La habilidad del fieltro para manejar el agua a velocidad de máquina, permeabilidad, (medición del paso de aire a través de un área determinada, generalmente en CFM a 5 in de columna de agua) |
| --- DURABILIDAD | Se refiere básicamente a la vida de la vestidura y se relaciona a factores como resistencia, habilidad de la pieza de soportar tensión y en zonas específicas - cuando pasan bolas de pasta, estabilidad a mantener sus dimensiones en cuanto a lo ancho y a lo largo. Resistencia a la degradación mecánica. |

En el diseño se consideran otros factores además, como facilidad de operación, ya sea rapidez de acondicionamiento, mayor tiempo para mantenerse limpio, etc...

Las ventajas de mantener un fieltro limpio y acondicionado que se obtienen, son las siguientes:

- a) disminuye los tiempos perdidos
- b) uniformiza y mejora la calidad del papel
- c) incrementa la velocidad de la máquina de papel
- d) disminuye el uso de los medios mecánicos de limpieza, pudiéndose incrementar la vida útil de los mismos.
- e) ahorros en la sección de secado del papel
- f) aumento en la producción por disminución de mermas ocasionadas por fieltros sucios,

Todas estas ventajas redundan en beneficios de tipo económico fácilmente evaluable en cualquier empresa.

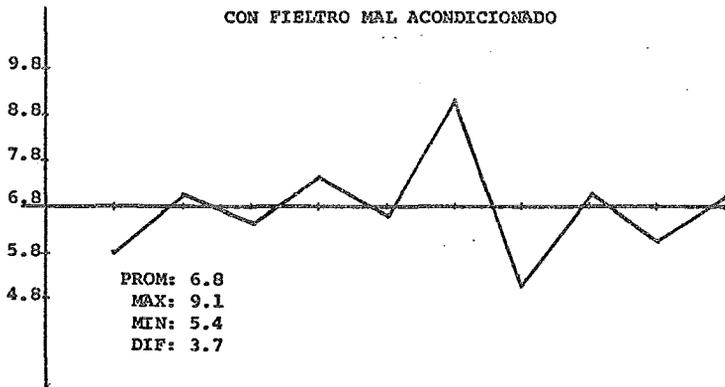
Uno de los problemas que con mayor frecuencia se presentan en el proceso de fabricación de papel es el de la obstrucción de los fieltros, ocasionada por partículas encolantes, pigmentos, cargas, etc... La presencia de tales partículas impide el paso adecuado del agua y como resultado se obtiene un producto defectuoso con el consiguiente rechazo por

el Departamento de Control de Calidad. En algunas ocasiones se requiere parar la máquina para limpiar los fieltros, y en otras es necesario reemplazarlos. Ahora, un fieltro mal acondicionado en el proceso de fabricación genera serios problemas en el perfil del papel, ya que como mencioné anteriormente, el fieltro le dá a la hoja de papel una buena superficie de acabado, distribuyendo uniformemente la presión de la prensa sobre la misma.

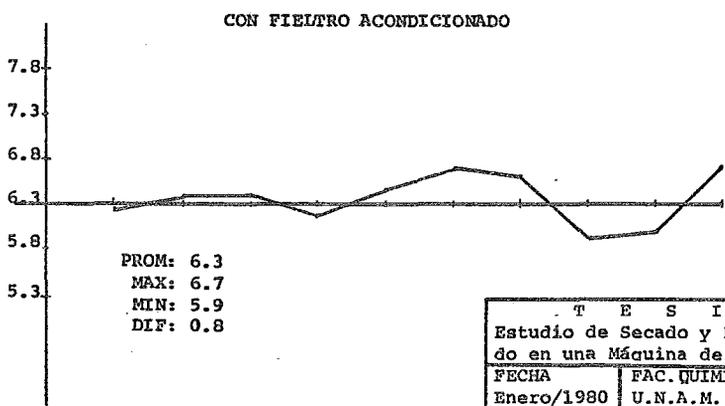
En los siguientes perfiles de peso y humedad, se puede apreciar el efecto directo que tiene un fieltro bien acondicionado y otro con un fieltro mal acondicionado sobre el perfil de la hoja de papel ya enrollada.

La distribución correcta de la humedad es necesaria para dar una calidad uniforme del papel en el enrollador, con una humedad, peso base y calibre uniforme. Una distribución no uniforme de la humedad tiene que ser contrarrestada con una acción de sobresecado, debido a que la distribución del peso base a todo lo ancho no es uniforme, lo anterior da como resultado un incremento en los costos, disminuyendo la eficiencia de la máquina y la calidad del papel.

% DE HUMEDAD DEL PAPEL EN EL REEL



% DE HUMEDAD DEL PAPEL EN EL REEL



T E S I S	
Estudio de Secado y Prensa do en una Máquina de Papel	
FECHA	FAC. QUIMICA
Enero/1980	U.N.A.M.
Leonor de la Luz Callejas F.	

La hoja es transportada a través de la prensa y soportada durante su paso por la estructura capilar que es el fieltro, y si este y las prensas se encuentran en adecuadas condiciones de operación, obtendremos una buena calidad del producto terminado.

Las funciones básicas de la sección de prensas consisten en:

- a) Eliminación del agua libre desde una estructura capilar (hoja de papel)
- b) Transportar la hoja a la sección de secado
- c) Cambio de las propiedades superficiales de la hoja de papel

La eliminación de agua por medio de compresión del papel y el fieltro entre dos rodillos fue el concepto original en el prensado en humedad. El agua es exprimida desde la malla del papel hacia el interior del fieltro en la fase de compresión y parte de esta agua es reabsorbida por el papel desde el fieltro en la fase de expansión.

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

lavado, el fieltro se debe secar cuando menos al mismo contenido de humedad que tenía al salir de la prensa.

D) El sistema de vacío en la prensa de succión balanceado

Para que la hoja de papel al pasar por la sección de prensas se someta al máximo exprimido, es necesario que además de las prensas adecuadas, se cuente con un fieltro adecuado tanto al tipo de papel como a la velocidad de trabajo. Así, en forma muy general, para una máquina que tiene una alta velocidad de trabajo, requerimos fieltros con una alta densidad que retengan gran cantidad de agua y viceversa.

En la misma forma tenemos que aplicar en una prensa de succión el vacío adecuado para evitar que con un exceso, se marquen las perforaciones de la prensa de succión en el papel, y con una deficiencia en el vacío, tendríamos que emplear mayor cantidad de vapor en la sección de secado, lo cual repercutirá directamente en el factor económico de la producción del papel.

E) El NIP (huella) más acercado al óptimo

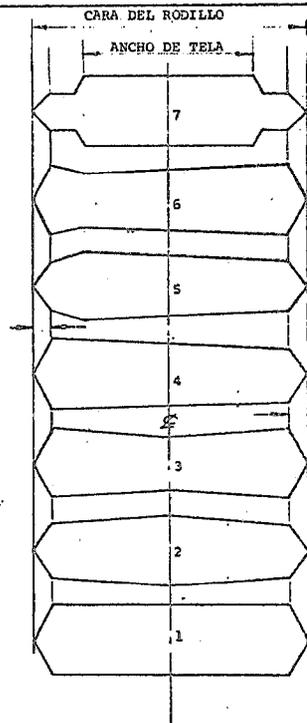
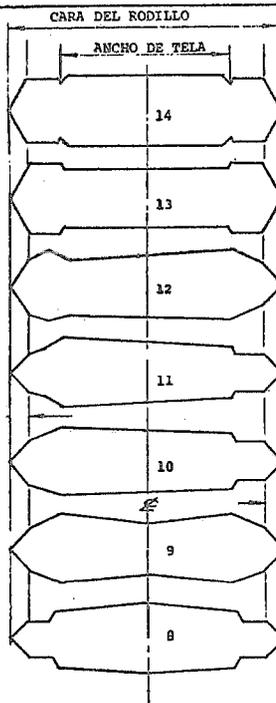
El NIP o huella de un sistema de prensas es el resultado lógico de los pasos anteriores. En el siguiente cuadro se muestran algunos de los diagramas típicos de huella o NIP

DIAGRAMAS TÍPICOS DE HUELLA

NUMERO DE DIAGRAMA	APLICACION DE LA CORONA	CORONAMIENTO	HINCHAMIENTO Y/O REBLANDECIMIENTO	DESGASTE ABRASIVO
1	Simétrica	Correcto	Ninguno	Ninguno
2	Simétrica	Se pasa mucho	Ninguno	Ninguno
3	Simétrica	Muy poco	Ninguno	Ninguno
4	No simétrica	Correcto	Ninguno	Ninguno
5	No simétrica	Se pasa mucho	Ninguno	Ninguno
6	No simétrica	Muy poco	Ninguno	Ninguno
7	Simétrica	Correcto	Si	Ninguno
8	Simétrica	Se pasa mucho	Si	Ninguno
9	Simétrica	Muy poco	Si	Ninguno
10	No simétrica	Correcto	Si	Ninguno
11	No simétrica	Se pasa mucho	Si	Ninguno
12	No simétrica	Muy poco	Si	Ninguno
13	Simétrica	Correcto	Ninguno	Si*
14	Simétrica	Correcto	Si	Si**

Si * Desgaste uniforme en el área del tejido únicamente

Si** Desgaste en las orillas del tejido únicamente



T E S I S		
ESTUDIO DE SECADO Y PENSADO EN UNA MAQUINA DE PAPEL		
DIAGRAMAS TÍPICOS DE HUELLA		
ESC:	FECHA	FACULTAD
SIN	ENERO 1980	QUIMICA UNAM
LEONOR DE LA LUZ CALLEJAS FARJAT		

C A P I T U L O V

ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS DE EXTRACCION DE AGUA

En este capítulo se establece una comparación económica del costo de extracción de agua de la hoja de papel a través de su viaje por la Máquina, desde la sección de formación hasta la sección de secado.

Se cuantifican estos costos considerando en cada tipo de máquina, los siguientes factores:

- a) Potencia de vacío en la sección de formación y en la sección de prensado
- b) Consumo de telas de formación
- c) Consumo de fieltros
- d) Consumo de vapor y gas en la sección de secado

Se tomó como base de comparación el costo generado en un año (de 345 días) de producción continua en los dos tipos de máquinas de papel

EXTRACCION DE AGUA

MAQUINA DE UN FIELTRO

Posición	Agua (LPM)	Fibra (Kg/min)	Extracción de Agua (LPM)
Entrada mesa de formación	19,280	68	19,145
Entrada sección prensas	135	34	56
Entrada al seca- dor	79	33.7	77
Papel en el reel	2	33.7	

MAQUINA DE DOS FIELTROS

Posición	Agua (LPM)	Fibra (Kg/min)	Extracción de Agua (LPM)
Entrada mesa de formación	25,859	91	25,677
Entrada sección prensas	182	45	103
Entrada al se- cador	79	33.7	77
Papel en el reel	2	33.7	

5.1) MAQUINA DE UN FIELTRO

A) MESA DE FORMACION

- Esta máquina tiene un consumo anual de 30 telas y el precio de cada una es de \$137,000.00
- Cuenta con una bomba de vacío para el rodillo de pecho con un motor de 200 HP

$$200 \text{ HP} \times \frac{0.746 \text{ KW}}{1 \text{ HP}} \times \frac{24 \text{ Hr}}{1 \text{ día}} \times \frac{345 \text{ días}}{1 \text{ Año}} \times \frac{\$0.62}{1 \text{ Kw/Hr}} =$$

\$765,933/AÑO

- Se extraen 19,145 litros/minuto de agua.
- Costos:

Telas	\$4,110,000.00
Potencia de vacío	\$765,933.00
Costo anual	\$4,865,933.00
Agua extraída	$9.51 \times 10^6 \text{ M}^3/\text{año}$
Costo de extracción de agua	$\frac{\$4,865,933.00}{9.51 \times 10^6 \text{ M}^3/\text{año}}$

Costo de extracción en la mesa:

\$0.51 por M^3 de agua

B) SECCION DE PRENSADO:

- Esta máquina tiene un consumo anual de 11 fieltros y el precio de cada uno es \$150,000.00
- Cuenta con dos bombas de vacío, una con motor de 250 HP para la prensa de succión y otra con motor de 175 HP para las cajas de succión del fieltro.

$$425 \text{ HP} \times \frac{0.746 \text{ Kw}}{1 \text{ HP}} \times \frac{24 \text{ Hr}}{1 \text{ día}} \times \frac{345 \text{ días}}{1 \text{ Año}} \times \frac{\$0.62}{\text{Kw HR}} =$$

\$1,627,608.00/AÑO

- Se extraen 56 litros/minuto de agua:

- Costos:

Fieltros	\$1,650,000.00
Potencia de vacío	\$1,627,608.00
Costo anual	\$3,277,608.00
Agua extraída	27,821 M ³ /año
Costo de extracción de agua	<u>\$3,277,608.00</u> 27,821 M ³ /año

Costo de extracción en la sección de prensado:

\$118.00 por M³ de agua

C) SECCION DE SECADO:

- Consume 1.88 toneladas de vapor por tonelada de papel que produce. Con un presupuesto de 50 Ton/día de producción, consume 40,000.00 toneladas de vapor en un año. 1 tonelada de vapor cuesta \$69.00
- Consume 52 M³ de gas natural por tonelada de papel que produce. Con un presupuesto de 50 Ton/día de producción, consume 1,000,000 M³ de gas natural en un año. El M³ de gas natural cuesta \$3.45
- Se extraen 77 litros/minuto de agua
- Costos:

Vapor	\$2,760,000.00
Gas natural	\$3,440,000.00
Costo anual	\$6,200,000.00
Agua extraída	38,254 M ³ /año
Costo de extracción de agua	<u>\$6,200,000.00</u> 38,254 M ³ /año

Costo de extracción de agua en el secador:

\$162.00 por M³ de agua

RESUMEN: MAQUINA DE UN FIELTRO

Costo anual de extracción de agua en la sección de formación	\$0.51/M ³ de agua
Costo anual de extracción de agua en la sección de prensado	\$118.00/M ³ de agua
Costo anual de extracción de agua en la sección de secado	\$162.00/M ³ de agua
Costo anual total de extracción de agua	\$280.51/M ³ de agua

Se observa que el secado, por consumo de vapor y gas, es 1.37 veces más caro que la eliminación de agua por prensado y esta a su vez, es 231 veces más cara que la eliminación del agua en la mesa por vacío.

5.2) MAQUINA DE DOBLE FIELTRO:

A) MESA DE FORMACION:

- Esta máquina tiene un consumo anual de 15 telas y el precio de cada una es de \$235,000.00
- Cuenta con dos bombas de vacío para el rodillo de pecho, con motor de 250 HP

$$250 \text{ HP} \times \frac{0.746 \text{ Kw}}{1 \text{ HP}} \times \frac{24 \text{ Hr}}{1 \text{ día}} \times \frac{345 \text{ días}}{1 \text{ Año}} \times \frac{\$0.62}{\text{KWHR}} =$$

\$957,416.00/AÑO

- Se extraen 25,677 litros / minuto de agua

- Costos

Telas	\$3,525,000.00
Potencia de vacío	\$957,416.00
Costo anual	\$4,482,416.00
Agua extraída	12.75 X 10 ⁶ M ³ /año
Costo de extracción de agua	$\frac{\$4,482,416.00}{12.75 \times 10^6 \text{ M}^3/\text{año}}$

Costo de extracción en la mesa:

\$0.40 Por M³ de agua

B) SECCION DE PRENSADO

- El consumo anual de fieltros Pick - up es de 18 y el precio de cada uno es \$155,000.00
- El consumo anual de fieltros de la posición inferior es de 26 y el precio de cada uno es \$75,000.00
- Cuenta con dos bombas de vacío, una con motor de 250 HP para la prensa de succión y otra, con motor de 175 HP para las cajas de succión del fieltro:

$$425 \text{ HP} \times \frac{0.746 \text{ KW}}{1 \text{ HP}} \times \frac{24 \text{ HR}}{1 \text{ día}} \times \frac{345 \text{ días}}{1 \text{ Año}} \times \frac{\$0.62}{\text{KWHR}} =$$

\$1,627,608.00/AÑO

- Se extraen 103 litros/minuto de agua

- Costos:

Fieltros	\$4,740,000.00
Potencia de vacío	\$1,627,608.00
Costo anual	\$6,367,608.00
Agua extraída	51,170 M ³ /año
Costo de extracción de agua	<u>\$6,367,608.00</u>
	51,170 M ³ /año

Costo de extracción en la sección de prensado:

\$124.00 Por m³ de agua

C) SECCION DE SECADO

- Consume 1.75 toneladas de vapor por tonelada de papel que produce, con un presupuesto de 50 Ton/día, de producción, consume 37,000 toneladas de vapor en un año, Una tonelada de vapor cuesta \$69,00
- Consume 75 M³ de gas natural por tonelada de papel que produce. Con un presupuesto de 50 Ton/día de producción, consume 1,300,000 M³ de gas natural en un año, el M³ de gas natural cuesta \$3.45
- Se extraen 77 litros/minuto de agua

- Costos:

Vapor	\$2,553,000.00
Gas natural	\$4,485,000.00
Costo anual	\$7,038,000.00
Agua extraída	38,254 M ³ /año
Costo de extracción de agua	<u>\$7,038,000.00</u> 38,254 M ³ /año

Costo de extraccion de agua en el secador:

\$184.00 Por M³ de agua

RESUMEN: MAQUINA DE DOBLE FIELTRO

Costo anual de extracción de agua en la sección de formación	\$0.40/M ³ de agua
Costo anual de extracción de agua en la sección de prensado	\$124.00/M ³ de agua
Costo anual de extracción de agua en la sección de secado	\$184.00/M ³ de agua
Costo anual total de extracción de agua	\$308.40/M ³ de agua

Se observa que el secado, por consumo de vapor y gas, es 1.48 veces más caro que la eliminación de agua por prensado, y esta a su vez, es 310 veces más cara que la eliminación del agua en la mesa por vacío.

5.3) COMPARACION DE COSTOS DE EXTRACCION DE AGUA

	MAQUINA DE UN FIELTRO	MAQUINA DE DOBLE FIELTRO
Extracción en la mesa	\$0.51/M ³ de agua	\$0.40/M ³ de agua
Extracción en las prensas	\$118.00/M ³ de agua	\$124.00/M ³ de agua
Extracción en el secador	\$162.00/M ³ de agua	\$184.00/M ³ de agua
T O T A L	\$280.51/M ³ de agua	\$308.40/M ³ de agua

Comparativamente se observa que es 1.1 veces más económico la eliminación de agua en una Máquina de Papel de un fieltro que en una Máquina de Papel de doble fieltro.

CAPITULO VICONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
=====

La Industria de la Celulosa y el Papel en México, se destaca por su dinámico desarrollo, en especial el grupo de papel denominado "Sanitario y Facial". En la fabricación de este tipo de papel se situó el presente estudio con información obtenida de dos máquinas que sumadas, fabrican 100 toneladas diarias de Papel Higiénico de 16.0 Gr/m² de peso base

1. El consumo "per capita" de papel en México aumentó de 1967 a 1977 en 7.5 Kg; consecuentemente de la producción de 123,000 toneladas en 1977, se han proyectado hasta 1981, 175,000 toneladas de papel, (información hasta ahora conocida en la Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el Papel)

Este consumo ha venido aumentando anualmente, a pesar de que a lo largo de los últimos treinta años la aparición de nuevos materiales ha sembrado el temor de un desplazamiento hacia valores más bajos de consumo, pero actualmente ningún material será más económico de producir, teñir, decolorar, recortar o confeccionar con él diferentes objetos.

2. El secado en la máquina de un fieltro es 1.37 veces más caro que la eliminación de agua por prensado, es por esto que constantemente se insiste el mejorar la eficiencia de prensado pues afecta directamente a la eficiencia del secado.
3. El secado en la máquina de doble fieltro es 1.48 veces más caro que la eliminación de agua por prensado. Esta máquina, a su vez, es 1.1 veces más cara en secado que la máquina de un fieltro por no poseer la prensa de succión en contacto con la superficie del secador, es-

to origina mayor consumo de gas y vapor para poder obtener hasta un 5.5% de contenido de humedad en el papel enrollado

4. Actualmente el alto costo de los energéticos afecta directamente el costo del producto terminado, por ello, constantemente los fabricantes de papel realizan mejoras al proceso de fabricación con tendencia a obtener ahorros por consumo de energéticos. Para esto se han desarrollado trabajos de investigación en todas las secciones que integran una Máquina de Papel y muchos fabricantes de equipo han especializado sus técnicas de fabricación, con tendencia a brindar al fabricante de papel, un equipo que opere con mayor eficiencia para que disminuya el consumo de energéticos.

Se pueden citar al respecto:

- a) Regaderas de limpieza de alta presión que trabajan con agua recuperada del sistema de fabricación
- b) Prensa con coronamiento variable que permite trabajar con una mayor eficiencia en el prensado y directamente aumenta la eficiencia del secado.
- c) Desarrollo constante en la fabricación de fieltros, trabajando actualmente con características de diseño mejores que permiten mantenerlo limpio y con perfil de humedad uniforme
- d) Investigación y desarrollo en la fabricación de telas de formación plásticas, cuyo mayor periodo de vida en una máquina y mejor facilidad de manejo que las de bronce, disminuyen los costos de fabricación.
- e) Sistemas de control de proceso por computadora que actualmente ofrece al fabricante de papel un control exacto en el consumo diario de vapor, gas, agua fresca y fibras.

En este caso, con el sistema que existe en la Planta, se controla básicamente el peso y la humedad del papel, a la salida del secador Yankee y antes de enrollarse con la información que recibe la computadora se generan señales para que automáticamente se controle el flujo de gas a la campana, el flujo

de vapor al Yankee, aumentar o disminuir la velocidad de la máquina, variar el flujo de pasta, etc.

- f) En los sistemas de recuperación de fibra y agua se ha prestado mayor interés en cuanto a su eficiencia, ya que así será menor el agua fresca que se alimenta al sistema y mayor el uso de agua recuperada.

G L O S A R I O

ANTIESPUMANTE	Producto químico específico para combatir problemas de espuma en la fabricación de papel
BAGAZO DE CAÑA	Constituido por tallos aplastados de la caña de azúcar después de la extracción del jugo.
CELULOSA	Químicamente, un polisacárido lineal de alto peso molecular. Es el principal constituyente sólido de las plantas maderosas, presentándose también en otros ámbitos del reino vegetal
CONSISTENCIA	Porcentaje, en peso, de fibra en cualquier combinación de fibra y agua
DEPURACION	Limpieza de materiales indeseables en las suspensiones de pulpa y en las pastas para la fabricación del papel, se lleva a cabo aprovechando las diferencias de propiedades físicas (forma de partícula, tamaño, peso específico) entre los materiales indeseables y la pulpa
ESPUMA	Burbujas de gas que se generan en la fabricación de papel por el bombeo de la pasta o por liberación de los gases disueltos
FIBRA DE BAGAZO	Fibra que separada de las células de parenquima se usa para la producción de pulpas químicas para papel
FINOS	Partículas de corteza y astillas menores de 1/4 de pulgada (6.4 mm) o en algunos casos, 1/8 de pulgada (3.2mm) de longitud.
FREENESS	Facilidad con la que el agua drena de la fibra a través de una tela metálica o de una placa perforada. Una pasta "libre" se tiene cuando el agua drena con rapidez de la suspensión.

HYDRAPULPER	Pila batidora para resuspender en agua la pulpa seca. Con el pulpeo simplemente se abre el material antes de sujetarlo a tratamientos posteriores
MERMA	Desperdicio de una operación de fabricación de papel que se recupera para volverlo a utilizar en la fabricación
NIP (HUELLA)	Presión lineal reflejada en la huella de un sistema de prensas.
PAPEL	Nombre que se da a todas las clases de hojas de fibra entretejada (generalmente vegetal, pero algunas veces animal, mineral o sintética) formadas en un fino tamiz a partir de una suspensión acuosa. El papel deriva su nombre de papiro, un material de escritura consistente en una lámina elaborada por medio de la adhesión de segmentos delgados de un junco egipcio.
PARENQUIMA	Células que funcionan como lugar de almacenamiento en las fibras vegetales
PASTA	Mezcla en determinadas proporciones de materiales fibrosos y de otro tipo, que se estan acondicionando para la Máquina de Papel
PULPA	Material fibroso de cualquier clase que se produce por medios químicos, mecánicos o por una combinación de ambos, a partir de materiales celulósicos crudos y del que después de un tratamiento apropiado, se puede elaborar papel.
REFINACION	Proceso mecánico en el que las fibras se "peinan" y con frecuencia se reducen de longitud por corte, con objeto de adaptarlas mejor para la formación de papel. En la refinación las fibras se hidratan, lo que las hace más resistentes a permitir el drenado de agua a través de la hoja o masa de pulpa.

B I B L I O G R A F I A

1. Pulp and Paper Technology
Britt
2. Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel
C. Earl Libby. Enero de 1977
3. Manual sobre la fabricación de Pulpa y Papel
Julius Grant. Diciembre de 1966
4. La demanda de bienes de capital para las industrias del Papel y la Celulosa No. 7
Proyecto conjunto de bienes de capital NAFINSA-
ONUFI México D. F. 1979
5. Manual de Tecnología de fabricación de Papel
Mexicana de papel periódico, S. A. División
Papel
6. Información sobre los rendimientos de una máquina de Papel
Ing. Fernando Scheffer S. Revista ATCP - 1978
7. Niagara Lockport Industries Inc.
8. Drying of Paper and Paperboard.
Gavelin
9. The Mechanism of Drying Paper on heated cylinders
D. Attwood
Pulp and Paper magazine of Canada. December 1964
10. Estadística de la Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa y el Papel
Lic. Mario Zamora Plaza
Revista ATCP - 1978
11. Catálogo Dupont
Importadora Canada, S. A.
12. Handbook of Ruber
Vanderville

13. Catálogo Beloit Manhattan
14. El Papel Indígena Mexicano
H. Lenz
México, 1953
15. Secadores Yankee
Sistema Miselem
Boletín SY - 1
16. Investigación y Técnica del Papel
Asociación de Investigación Técnica de
la Industria Papelera Española No. 25
Julio de 1970
17. Memoria Estadística 1980
Cámara Nacional de las Industrias de la Celulosa
y el Papel