

24.3



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

**CALCULO DE LA CAPACIDAD DE SECADO EN  
UNA MAQUINA DE PAPEL DOMESTICO  
(CON SISTEMA YANKEE-CAMPANA)**

**T E S I S**  
**MANCOMUNADA**  
**HECTOR GASCA ALVAREZ**

**ALBERTO OVIEDO GOMEZ**

1987





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I N D I C E

ANTECEDENTES Y OBJETIVOS (INTRODUCCION).

CAPITULO I PROYECCION, PRODUCCION, IMPORTACION Y CONSUMO DE PAPEL DOMESTICO.

CAPITULO II NATURALEZA Y DESCRIPCION DE MATERIAL FIBROSO EMPLEADO Y ADITIVOS (AGENTES) EMPLEADOS.

CAPITULO III CONCEPTOS GENERALES DE SECADO Y TIPOS DE SECADORES.

CAPITULO IV DETERMINACION DE CAPACIDAD DE SECADO, ANALISIS DE COSTOS.

CONCLUSIONES.

GLOSARIO DE TERMINOS.

BIBLIOGRAFIA.

## ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

### INTRODUCCION

Aún en crisis económica podemos observar que la industria papelera a nivel mundial y particularmente en México se encuentra en fase de crecimiento, ya que mientras el consumo mundial de papel fue en 1980 de 180 millones de toneladas, los expertos de la FAO calculan que dicho consumo será de 250 millones de toneladas para 1990. Esto nos hace pensar que ni la televisión, ni todos los medios electrónicos han tenido consecuencias negativas para la venta de diarios, revistas y libros, al contrario, -- estos medios electrónicos han intensificado la demanda de información impresa.

Pero, aunque el papel no se nos presente como vehículo portador de información, apenas sería posible suprimirlo de nuestro quehacer diario. Desde el billete de banco, hasta el papel filtro, desde el papel para en volver hasta el pañal de un solo uso para el bebé, así como los papeles domésticos, higiénico, servilletas, toallas, etc. podemos encontrar papel en cualquier parte. Haciendo un poco de historia, recordemos como se inventó el papel. El papel fue inventado en China hace casi 2000 años. Un funcionario de la corte china Tsai Lun, experimentaba ya con residuos de seda y fibra vegetal mediante la trituración de la fibra en agua y el posterior escurrido de la pasta colocada sobre un fino tamiz de bambú bajo sacudidas permanentes. Tsai Lun consiguió obtener una fina capa de fibras afieltradas entre sí. Tras prensar y secar dicha capa, consiguió el primer papel en el año 105 de nuestra era.

¿Cómo ha sido la evolución de la industria papelera en México?. En México durante la época precolombiana, los primeros papeles se elaboraron a partir de algunas cortezas como el amate, de hojas de maguey, de palma, etc. A partir de estos materiales y después de cuidadoso proceso manual se obtenía un material de textura y superficie lisa que se utilizaba para fines de escritura, la industria papelera se desarrollaba en muchas zonas del país principalmente en los estados de Tabasco, Yucatán, Chiapas y Veracruz.

Pero la mecanización de esta industria en México se dio en 1824, cuando se instaló la primera fábrica de papel a base de trapos en San Sebastián Chimalistac. En 1840 se fundó la fábrica de Belén de las Flores en Tacubaya, y en 1846 la del Batán en Jalisco. Para 1878 funcionaban en el país siete grandes fábricas: Tapalpa, Orizaba, El Batán, Peña Pobre, Belén de las Flores y Santa Teresa, las cuatro últimas localizadas en la ciudad de México. En 1890 quedó instalada la fábrica San Rafael con la que se inició la manufactura moderna de papel. En 1902 inició operaciones la fábrica Progreso Industrial que vino a reforzar a la industria con la manufactura de papeles finos, cuya importancia era cuantiosa. Poco después, se establecieron otras fábricas: Coyoacán, La Aurora, Juan Badia, Compañía Industrial de San Cristóbal, etc. Sin embargo, no fue sino hasta la segunda guerra mundial cuando tuvo lugar una mayor expansión de la industria. De esta manera observamos que tanto en México como en el mundo entero la industria del papel se encuentra en constante desarrollo.

Si recordamos nuevamente los datos proporcionados al inicio, donde se espera un incremento en el consumo del papel de 180 millones de toneladas en 1980 a 250 millones de toneladas para 1990, podemos hablar de un crecimiento medio anual de 3 a 3.5% y según datos estos índices serán probablemente superiores para determinadas clases de papel, en especial papeles gráficos e higiénicos, de este modo observamos que la demanda de celulosa y agua continuarán aumentando fuertemente en el futuro, ya que prescindiendo de que la formación de la hoja se realiza hoy en máquinas gigantescas el principio de la fabricación del papel no ha variado hasta la fecha, esto es a base de fibra y agua.

Estos aumentos en los consumos de fibra y agua ha traldo como consecuencia grandes progresos en lo que se refiere a cierres de circuitos de agua, clarificación de aguas residuales así como el tratamiento de aguas negras y la optimización de los proceso de fabricación de pulpa, así vemos que ahora es más que importante dedicar especial atención a las medidas encaminadas a ahorrar energéticos.

En función al último concepto planteado en el párrafo anterior, el presente estudio tiene como objetivo principal, determinar la capacidad de secado en una máquina de papel doméstico como base para la optimización de los consumos de energéticos (agua, gas, vapor, etc.), análisis enfocado a máquinas de papeles domésticos en función del ámbito económico de la proyección de este en el mercado, así como sus exportaciones e importaciones.

Para la fabricación del papel, es necesario, como mencionábamos, fibras o celulosas, de esta manera trataremos sobre las fibras más comúnmente empleadas, de los aditivos que influyen directamente en la capacidad de secado de una máquina, así como en otros beneficios en los procesos de fabricación. Se presenta un análisis económico con el cual se puede observar la importancia de optimizar la capacidad de secado de la máquina y el consumo de energéticos.

CAPITULO I

PROYECCION, PRODUCCION, IMPORTACION Y  
CONSUMO DE PAPEL DOMESTICO.

## PROYECCIONES

El crecimiento del Producto Interno Bruto fue de 3.5% en 1984, en comparación con una disminución de 5.3% registrada en 1983, según datos preliminares publicados por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática de la Secretaría de Programación y Presupuesto. - Estos informes también indican que la inversión privada aumentó 8.8% mientras que la inversión pública creció 0.6% para hacer un total de -5.4% positivo en la formación bruta de capital, contra una tasa negativa de 27.9% en 1983. El sector agropecuario, silvicultura y pesca, creció 2.4%, la minería incluyendo petróleo 1.6%, la industria manufacturera 4.7% y construcción 3.7%. De la industria manufacturera algunas ramas crecieron como sigue: alimento, bebidas y tabaco 1.4%; textiles y prendas de vestir 0%; industrias de madera 1.2%; papel, productos de papel, impresos y editorial 6.9%; industrias metálicas básicas 12.6%; productos minerales no metálicos 9%; industria química y derivados del petróleo 7%; industria de bienes de capital y productos metálicos 6.0% otras industrias 6.0%.

De acuerdo a encuestas con nuestros asociados, la industria de la celulosa y del papel, mostró en 1984, un crecimiento muy significativo en comparación con 1983. El crecimiento en volumen de papel producido fue de 8.6% y el crecimiento en producción de celulosa resultó de 5.4%.

Del crecimiento logrado en la producción de papel, el 40% se debió al continuo proceso de sustitución de importaciones, principalmente en los renglones de papel para periódico y libros de texto y cartones para envase de líquidos comestibles. Es importante hacer notar que las importaciones de papel se han reducido por tercer año consecutivo, en porcentajes de cerca del 50% por año, lo que ha dado como resultado que éstas se hayan reducido para representar únicamente el 3% del consumo aparente de 1984. Asimismo, 11% del aumento de producción, se debió a un incremento en las exportaciones que alcanzaron en el año un volumen de --cerca de 49,000 toneladas; principalmente en los renglones de papeles -



para escritura e impresión y papeles faciales y sanitario. Desafortunadamente, las exportaciones del 2º semestre declinaron cerca del 75% en comparación con el 1er. semestre, debido a la desaparición del beneficio de la subvaluación de nuestra moneda.

Para el año 1985, se estima que las exportaciones prácticamente -- desaparecerán aún cuando existe capacidad sobrante en los renglones --- antes mencionados. Lo anterior conjuntamente con la pérdida de competitividad para retener el mercado fronterizo, hará necesario estudiar con las autoridades, los incentivos que se requieran para defender la balanza comercial, mientras persistan la inflación acelerada que padecemos y los precios deprimidos en la economía de los Estados Unidos.

El resto del porcentaje de crecimiento en la producción, se estima que se debió a que el 1er. semestre de 1983 se vio afectado por escasez de materias primas y a cierta recuperación de inventarios ya que un análisis del consumo aparente por semestres, muestra incremento del 11% en el primero y una disminución de 2% en el segundo.

Por lo que respecta a celulosas, el crecimiento de 5.4%, se debió en gran parte a un aumento de producción del 17% en celulosas de madera blanqueada y a un incremento también del 17% en producción de pasta mecánica.

Cabe mencionar que estos crecimientos, en buena parte se deben a una mejora en el abastecimiento de madera a las plantas existentes, -- pero sigue preocupándonos el déficit creciente de celulosa de madera nacional. La falta de nuevos proyectos de inversión en esta área, se debe a los problemas que tenemos en el país, para crear proyectos a -- gran escala e integrar la producción de celulosa, con plantaciones comerciales de bosques celulósicos de rápido crecimiento. Estos aseguran el abastecimiento permanente de madera en cantidades y costos adecuados, para obtener celulosas a precios competitivos internacionalmente pudiendo así, asegurar un rendimiento adecuado a la inversión.

## PROYECCIONES 1983 - 1988

Para el periodo 1983-1988 se presentan las siguientes proyecciones:

- A). Mercado de papeles y cartones.
- B). Mercado de materiales fibrosos.
- C). Requerimientos de materias primas.
- D). Balanza comercial.
- E). Empleo.

Las diferentes proyecciones se van a tratar de la forma antes descrita, ya que los mercados de materias primas dependen del mercado de materiales fibrosos y están en función de Papeles y Cartones.

### A). Mercado de papeles y cartones.

Este análisis se llevará a cabo agrupando los diferentes tipos de papeles y cartones en los 5 segmentos que se detallan a continuación:

- 1). Periódico y libro de texto.
- 2). Escritura e impresión.
- 3). Empaque.
- 4). Sanitario facial.
- 5). Especiales.

### Demanda:

En el cuadro número 1 que aparece a continuación, se presenta la proyección de la demanda nacional de papeles y cartones en el periodo considerado.

Puede apreciarse en ese cuadro que la demanda total pasa de 2.7 millones de toneladas en 1983 a 3.7 millones en 1988, lo que representa un crecimiento del 39.4% en el sexenio.

Si observamos el comportamiento de la demanda de los diferentes segmentos, se nota que el más dinámico es el de sanitario y facial con un crecimiento del 52.6% en el mismo periodo, a este le siguen los segmentos de empaque con 43.6%, escritura e impresión con 41.1%, especiales con 25.3% y periódico y libro de texto con 13.1%.

En la figura (A-1), se encuentra graficada la estructura porcentual de la demanda, en la que puede apreciarse que el segmento con mayor participación en la misma es el de empaque con un 56% en promedio, a este le siguen escritura e impresión con 20%, periódico y libro de texto con 12%, sanitario y facial con 9% y especial con 3%.

La demanda percapita de los diferentes segmentos, así como del total de papeles y cartones, se presentan en la figura (A-2) y cuadro número 2. Comparando las demandas promedio del sexenio 1983-1988 que se ven en el último cuadro con los consumos promedio del quinquenio 1977-1981, se observan las siguientes diferencias:

<u>SEGMENTO</u>	<u>INCREMENTOS</u>	
	ABSOLUTO ( kg/hab )	PORCENTUAL
Periódico y libro de texto	---	---
Escritura e impresión	1.6	27.1
Empaque	4.8	28.2
Sanitario y facial	1.1	1.4
Especiales	0.2	1.2
TOTAL	7.5	24.0

#### Balance Oferta - Demanda y Producción:

La oferta de papeles y cartones por segmento y total, se muestra en el cuadro número 3 que aparece a continuación. Al comparar las cifras de este cuadro con las de la demanda mostradas anteriormente, se obtienen los superavit y déficit que se presentan en los cuadros números 4 y 5, respectivamente.

La proyección de la producción nacional derivada también del balance anterior se muestra en el cuadro número 6, en el que puede apreciarse que la producción proyectada pasa de 2.3 millones de toneladas en 1983 a 3.2 millones en 1988 con una tasa de crecimiento del 35.7% en este periodo.

El segmento de papel periódico y libro de texto es el de crecimiento más dinámico con 58.8% seguido de sanitario y facial con 49.6%, empaque con un 33%, escritura e impresión con el 29.6% y finalmente especiales con un 9.1%.

Las producciones antes mencionadas llevan a los aprovechamientos de la capacidad instalada para cada uno de los segmentos ya considerados.

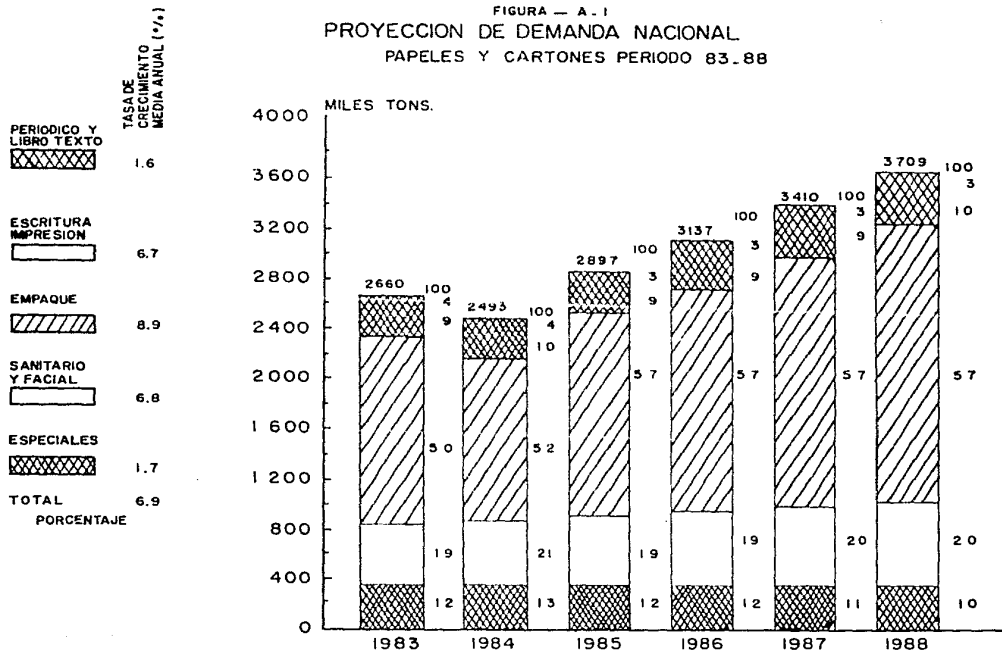
En relación a estos indicadores, es conveniente mencionar que, en general, se alcanzan cifras elevadas en la mayoría de los papeles a partir de 1986, debido a la ausencia de nuevos proyectos a partir de 1985 y no tanto al incremento de la eficiencia de la planta industrial a niveles no alcanzados anteriormente. En particular el segmento de empaque, muestra un aumento brusco del 72.1% en 1984 al 90.2% en 1985 que se explica por la baja de la demanda de esos productos en 1984, ya que en ese año el potencial productivo es de 1'430,000 toneladas contra la demanda de 1'297 000 toneladas únicamente.

**CUADRO N° 1**  
**PROYECCION DE LA DEMANDA NACIONAL DE PAPELES Y CARTONES**  
**EN EL PERIODO 1983—1988**  
**(MILES DE TONELADAS)**

C O N C E P T O	1983	1984	1985	1986	1987	1988	TASAS DE CRECIMIENTO %	
							TOTAL DEL PERIODO	MEDIA ANUAL
1. PERIODICO Y PAPEL DE TEXTO.	335	343	355	360	371	379	13.1	2.5
2. ESCRITURA E IMPRESION	504	517	551	599	653	711	41.1	7.2
3. EMPAQUE	1494	1297	1632	1783	1953	2146	43.6	8.3
4. SANITARIO Y FACIAL	232	238	257	287	320	354	52.6	8.9
5. ESPECIALES	95	98	102	108	114	119	25.3	4.6
<b>TOTALES</b>	<b>2660</b>	<b>2493</b>	<b>2897</b>	<b>3137</b>	<b>3411</b>	<b>3709</b>	<b>39.4</b>	<b>7.1</b>

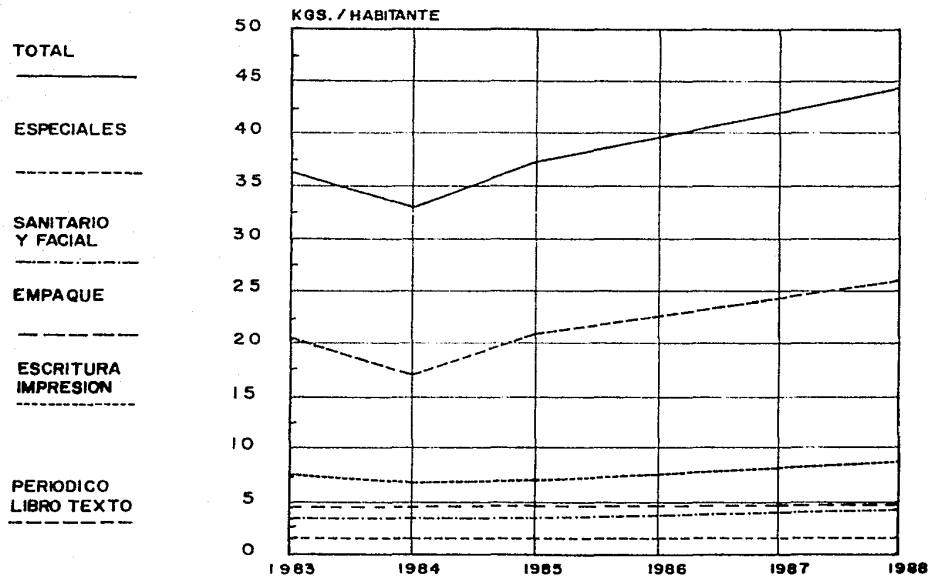
FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DE LA CELULOSA Y DEL PAPEL DEL IEPES  
 SEPTIEMBRE DE 1982.

FIGURA — A. 1  
 PROYECCION DE DEMANDA NACIONAL  
 PAPELES Y CARTONES PERIODO 83-88



FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DE LA CELULOSA Y EL PAPEL DEL IEPES. SEPTIEMBRE DE 1982.

FIGURA. A-2  
 PROYECCION DE DEMANDA NACIONAL  
 PER CAPITA DE PAPELES Y CARTONES



FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DE LA CELULOSA Y EL PAPEL DEL IE PES SEPTIEMBRE DE 1982.

CUADRO N° 2  
 PROYECCION DE LA DEMANDA NACIONAL PER CAPITA DE PAPELES Y CARTONES  
 EN EL PERIODO 1983—1988  
 KILOGRAMOS/HABITANTE

CONCEPTO	1983	1984	1985	1986	1987	1988	PROMEDIO 1983—1988
1.PERIODICO Y LIBRO DE TEXTO	4.6	4.5	4.6	4.5	4.5	4.5	4.5
2.ESCRITURA E IMPRESION	6.9	6.9	7.1	7.5	8.0	8.5	7.5
3.EMPAQUE	20.4	17.2	21.0	22.4	23.9	25.6	2.1
4.SANITARIO Y FACIAL	3.2	3.2	3.3	3.6	3.9	4.3	3.6
5.ESPECIALES	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4
TOTALES	36.4	33.1	37.3	39.4	41.7	44.3	3.8

FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DE CELULOSA Y PAPEL DEL IEPES  
 SEPTIEMBRE DE 1982.



CUADRO N°3  
 OFERTA POTENCIAL DE PAPELES Y CARTONES EN EL PERIODO 1983-1988  
 (MILES DE TONELADAS)

CONCEPTO	1983	1984	1985	1986	1987	1988
1. PERIODICO Y LIBRO TEXTO	233	303	340	370	370	370
2. ESCRITURA E IMPRESION	524	568	638	645	653	653
3. EMPAQUE	1284	1430	1622	1646	1708	1708
4. SANITARIO Y FACIAL	269	307	336	347	347	347
5. ESPECIALES	<u>77</u>	<u>81</u>	<u>84</u>	<u>84</u>	<u>84</u>	<u>84</u>
TOTALES	2387	2689	3020	3092	3162	3162

FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DE LA CELULOSA Y EL PAPEL DEL IEPE5.  
 SEPTIEMBRE DE 1982.

**CUADRO N° 4**  
**SUPERAVITS DE PAPELES Y CARTONES EN EL PERIODO 1983-1988**  
**(MILES DE TONELADAS)**

	1983	1984	1985	1986	1987	1988
ESCRITURA E IMPRESION	21	51	87	46	—	—
SANITARIO Y FACIAL	37	69	79	60	27	—
TOTAL	58	120	166	106	27	—

FUENT. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DE CELULOSA Y PAPEL DEL IEPES.  
 SEPTIEMBRE DE 1982.

CUADRO N° 5  
 DEFICITS DE PAPELES Y CARTONES EN EL PERIODO  
 1983- 1988  
 MILES DE TONELADAS

C O N C E P T O	1983	1984	1985	1986	1987	1988
PERIODICOS Y LIBROS DE TEXTO	102	40	15	—	—	—
ESCRITURA E IMPRESION	—	—	—	—	—	56
EMPAQUE	210	—	10	137	244	438
SANITARIO Y FACIAL	—	—	—	—	—	7
ESPECIALES	<u>18</u>	<u>17</u>	<u>18</u>	<u>24</u>	<u>30</u>	<u>35</u>
TOTAL	330	57	43	161	274	538

FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DE CELULOSA Y PAPEL DEL IEPES.  
 SEPTIEMBRE. DE 1982

CUADRO N° 6  
 PROYECCION DE LA PRODUCCION NACIONAL DE PAPELES Y CARTONES  
 EN EL PERIODO 1983-1988  
 (MILES DE TONELADAS)

CONCEPTO	1983	1984	1985	1986	1987	1988	TASAS DE CRECIMIENTO	
							TOTAL DEL PERIODO	MEDIA ANUAL
1. PERIODICO Y LIBRO DE TEXTO	233	303	340	370	370	370	58.8	10.2
2. ESCRITURA E IMPRESION	504	517	551	599	653	653	29.6	5.4
3. EMPAQUE	1284	1297	1622	1646	1708	1708	33.0	6.3
4. SANITARIO Y FACIAL	232	238	257	287	320	347	49.6	8.4
5. ESPECIALES	77	81	84	84	84	84	9.1	1.8
<b>TOTALES</b>	<b>2330</b>	<b>2436</b>	<b>2854</b>	<b>2986</b>	<b>3135</b>	<b>3162</b>	<b>35.7</b>	<b>6.4</b>

FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DE CELULOSA Y PAPEL IEPES.  
 SEPTIEMBRE DE 1982.

## B).- Mercado de materiales fibrosos:

Las proyecciones de la demanda de materiales fibrosos en el periodo considerado, se muestra en el cuadro número 7, en el que puede apreciarse que la demanda total de estos materiales pasa de 2.4 millones de toneladas en 1983, a 3.3. millones en 1988, lo que representa un 35.3% en ese lapso.

Las fibras primarias observan un crecimiento del 61.6% en el mismo periodo, sobresaliendo dentro de ellas la pasta mecánica de madera cuyo crecimiento fue del 292.7%.

### Oferta:

#### Balance Oferta - Demanda y Producción:

En el cuadro número 8, se presenta la oferta potencial de materiales fibrosos en el periodo 1983-1988, la comparación de las cifras contenidas en este cuadro con los de la demanda señalada anteriormente, arrojan los déficits que aparecen en el cuadro número 9.

Es importante señalar que los déficits de celulosa de bagazo por la característica de este producto no podrían cubrirse mediante la importación, lo que hace indispensable la ampliación de la capacidad productiva nacional bien sea mediante la creación de nuevas plantas, localizadas en lugares apropiados o mediante la ampliación de las plantas existentes.

Las proyecciones de la producción/recolección de materiales fibrosos que resultan también del balance anterior, se muestran en el cuadro número 10, en el que puede apreciarse que la producción total de materiales fibrosos crece únicamente un 20% en el sexenio, pasando de 1.9 millones de toneladas en 1983 a 2.2 millones en 1988.

La producción de fibras primarias logra un incremento del 13.2% en el mismo lapso, destacando entre ellas la producción de pasta mecánica de madera con un 72.2% y de otras celulosas con un 44%, mientras que los volúmenes de desperdicio recolectados se encuentran únicamente en un 26.7%.

En la figura (B-1), se muestra graficada la composición de la producción, recolección de materiales fibrosos en la que puede apreciarse que en promedio se integra de la siguiente manera; desperdicio 52%, celulosas de madera 21%, celulosas de bagazo 19%, pasta mecánica de madera 7% y otras celulosas 1%.

CUADRO N° 7  
 PROYECCION DE LA DEMANDA NACIONAL DE MATERIALES FIBROSOS  
 EN EL PERIODO 1983-1988  
 (MILES DE TONELADAS)

C O N C E P T O	1983	1984	1985	1986	1987	1988	TASAS DE CRECIMIENTO (%)	
							TOTAL DEL PERIODO	MEDIA ANUAL
CELULOSAS QUIMICAS DE MADERA	472	483	547	568	581	584	23.7	4.4
A) BLANQUEADAS	254	263	287	305	325	328	29.1	5.3
B) SIN BLANQUEAR	218	220	260	263	256	256	17.4	3.5
CELULOSAS QUIMICAS DE BAGAZO	436	457	501	533	563	571	31.0	5.6
A) BLANQUEADAS	332	352	369	399	435	433	30.4	5.5
B) SIN BLANQUEAR	104	105	132	134	138	138	32.7	6.2
PASTA MECANICA DE MADERA	137	180	286	384	466	538	292.7	32.3
OTRAS CELULOSAS	25	26	28	30	33	36	44.0	7.6
SUBTOTAL FIBRAS PRIMARIAS	1070	1146	1362	1515	1643	1729	61.6	10.2
DESPERDICIOS	1371	1378	1612	1600	1613	1573	-14.7	3.1
SUBTOTAL FIBRAS SECUN.	1371	1378	1612	1600	1613	1573	-14.7	3.1
GRAN TOTAL	2440	2524	2974	3115	3256	3302	35.3	6.4

FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DE CELULOSA Y PAPEL DEL IEPES.  
 SEPTIEMBRE DE 1982.

CUADRO N° 8  
OFERTA POTENCIAL DE MATERIALES FIBROSOS  
EN EL PERIODO 1983 - 1988  
(MILES DE TONELADAS)

CONCEPTO	1983	1984	1985	1986	1987	1988
<b>1. CELULOSAS QUIMICAS DE MADERA</b>	430	439	444	444	444	444
a) <i>Blanqueadas</i>	224	227	230	230	230	230
b) <i>Sin blanquear</i>	206	212	214	214	214	214
<b>2. CELULOSAS QUIMICAS DE BAGAZO</b>	379	398	402	406	406	406
a) <i>Blanqueadas</i>	336	349	353	353	353	353
b) <i>Sin blanquear</i>	43	49	49	53	53	53
<b>3. PASTA MECANICA DE MADERA</b>	90	120	155	155	155	155
<b>4. OTRAS CELULOSAS</b>	39	39	39	39	39	39
Subtotal Fibras Primarias	938	996	1040	1044	1044	1044
<b>5. DESPERDICIOS</b>	939	1024	1096	1190	1190	1190
Subtotal Fibras Secundarias	939	1024	1096	1190	1190	1190
<b>GRAN TOTAL</b>	1877	2020	2136	2234	2234	2234

FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DE CELULOSA Y PAPEL DEL IEPES.  
SEPTIEMBRE DE 1982



CUADRO N° 9  
 DEFICITS DE MATERIALES FIBROSOS EN EL PERIODO  
 1983-1988  
 MILES DE TONELADAS

C O N C E P T O	1983	1984	1985	1986	1987	1988
CELULOSAS DE MADERA	<u>42</u>	<u>44</u>	<u>103</u>	<u>124</u>	<u>137</u>	<u>140</u>
BLANQUEADA	30	36	57	75	95	98
SIN BLANQUEAR	12	8	46	49	42	42
CELULOSA DE BAGAZO	<u>61</u>	<u>61</u>	<u>99</u>	<u>127</u>	<u>157</u>	<u>165</u>
BLANQUEADA	—	5	16	46	72	80
SIN BLANQUEAR	61	56	83	81	85	85
PASTA MECANICA	47	60	131	229	311	388
DESPERDICIOS	<u>432</u>	<u>354</u>	<u>515</u>	<u>410</u>	<u>422</u>	<u>383</u>
TOTAL	582	519	848	890	1027	1071

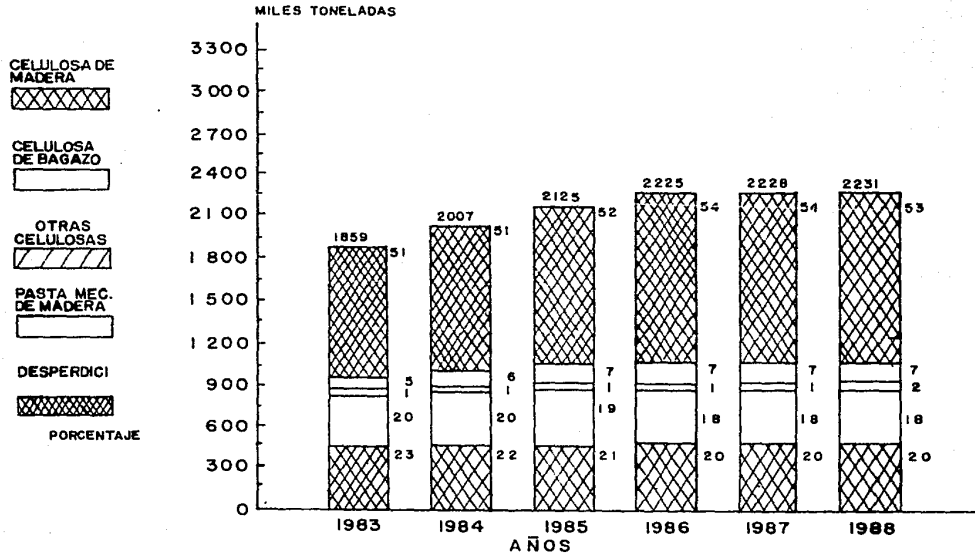
FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DE CELULOSA Y PAPEL DEL IEPES.  
 SEPTIEMBRE DE 1982.

CUADRO N° 10  
**PROYECCION DE LA PRODUCCION RECOLECCIO NACIONAL**  
**DE MATERIALES FIBROSOS**  
(MILES DE TONELAS)

C O N C E P T O	1983	1984	1985	1986	1987	1988	TASAS DE CRECIMIENTO (%)	
							TOTAL DEL PERIODO	MEDIA ANUAL
<b>1. CELULOSAS QUIMICAS MADERA</b>	430	439	444	444	444	444	3.3	0.6
a) Blanqueadas	224	227	230	230	230	230	2.7	1.3
b) Sin blanquear	206	212	214	214	214	214	3.9	1.6
<b>2. CELULOSAS QUIMICAS BAGAZO</b>	375	398	402	406	406	406	8.3	1.6
a) Blanqueadas	332	349	353	353	353	353	6.3	1.3
b) Sin blanquear	43	49	49	53	53	53	23.3	4.4
<b>3. PASTA MECANICA DE MADERA</b>	90	120	155	155	155	155	72.2	12.5
<b>4. OTRAS CELULOSAS</b>	25	26	28	30	33	36	44.0	4.0
Subtotal Fibras Primarias	920	983	1029	1035	1038	1041	13.2	6.3
<b>5. DESPEDIOS</b>	939	1024	1096	1190	1190	1190	26.7	4.9
<b>GRAN TOTAL</b>	1859	2007	2125	2225	2228	2231	20.0	3.8

FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DEL PAPEL Y LA CELULOSA DEL IEPES. SEPT. DE 1982

FIGURA 8-1  
**PRODUCCION NACIONAL  
 MATERIALES FIBROSOS**



FUENTE. DATOS ELABORADO POR LA SUBCOMISION DEL PAPEL Y LA CELULOSA DEL IEPES. SEPT. DE 1982.

C).- Requerimientos de materias primas:

Los requerimientos de madera y bagazo fueron calculados de acuerdo a los factores ya mencionados y que se encuentran graficados en las figuras (C-1) y (C-2) respectivamente, en el caso de la madera las necesidades -- van de 2.4 millones de metros cúbicos rollo en 1983 a 2.6 millones en 1985 y de ahí se mantienen constantes hasta 1988. Lo anterior representa un crecimiento del 9.7% en el sexenio. De bagazo seco, se requieren 0.9 millones de toneladas en 1983 y 1.0 millones de 1985 en adelante, dando un crecimiento del 7.1% en el período considerado.

En el supuesto caso de que la planta productiva fuera suficiente para abastecer el 100% de la demanda de materiales fibrosos, la demanda de mate rias primas sería como sigue:

	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Madera (000 m <sup>3</sup> rollo)	2721	2887	3464	3821	4105	4301
Bagazo seco (000 toneladas)	1091	1143	1253	1331	1408	1408

De acuerdo con los estudios realizados, la disponibilidad de ambos recursos excede a estos últimos volúmenes. Únicamente en el caso del bag azo hab ría que in cre men tar su ap li ca ci ón pa ra la fa br ic aci ón de ce l ulo sa s y re du ci r su uti liz aci ón co mo co mb us ti ble.

D).- Balanza Comercial:

La balanza comercial del periodo 1983-1988, se determinó a partir de los superávits y déficits, tanto de papeles como de materiales fibrosos esperados en ese lapso, que se muestran en los cuadros 4, 5 y 9 respectivamente, ya que estas por sus características no pueden comercializarse a nivel internacional.

Los volúmenes de papeles y materiales fibrosos indicados en los cuadros anteriores, se multiplicaron por los precios unitarios correspondientes que aparecen en el cuadro número (II), permitiendo obtener los montos de las importaciones y exportaciones esperados, como se ven a continuación:

(Millones de dólares, precios constantes de 1982):

	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Exportaciones	55	112	153	99	27	----
Importaciones	313	171	249	318	403	554
Saldo	-258	-59	-96	-219	-376	-554

Como puede apreciarse en las protecciones anteriores, los déficits de la rama se reducen sencillamente en los años de 1984 y 1985 con respecto a los niveles mostrados en el quinquenio anterior, gracias a la exportación de los excedentes de la producción nacional, sin embargo a partir del año de 1986, al reducirse las exportaciones y continuar creciendo las importaciones el déficit alcanzó la cifra de 219 millones de dólares y continúan creciendo hasta llegar a 554 millones de dólares en 1988, observando una tasa de crecimiento media anual del 60% en el último trienio.

CUADRO ( II )

PRECIOS INTERNACIONALES DE PAPELES Y MATERIALES  
FIBROSOS, CONSIDERANDO LA MEZCLA DE SUPERAVITS  
Y DEFICITS DEL MERCADO NACIONAL

(Dólares Americanos/Ton. Métrica)

**PAPELES:**

<i>Periódico</i>	520.00
<i>Escritura e impresión</i>	850.00
<i>Empaque</i>	440.00
<i>Sanitario y facial</i>	1,000.00
<i>Especiales</i>	1,200.00

**MATERIALES FIBROSOS:**

<i>Celulosas de madera blanqueada</i>	500.00
<i>Celulosas de madera sin blanquear</i>	485.00
<i>Pasta mecánica de madera</i>	265.00
<i>Desperdicios</i>	260.00

**FUENTE:** Datos elaborados por la Subcomisión de la celulosa y el papel del IEPES, a partir de la información del Paper Trade Journal, (30 de julio de 1982) e investigación directa.

### E).- Empleo:

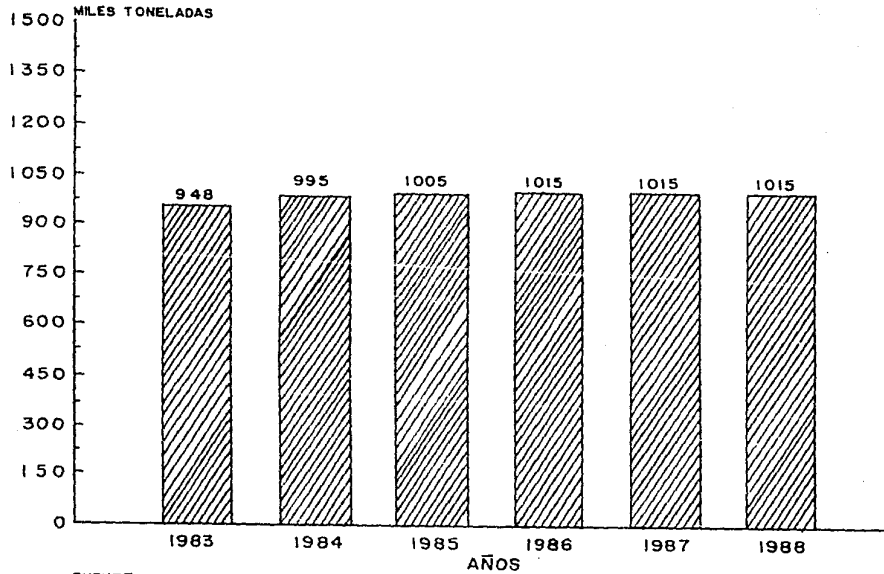
Como se determinó que en promedio se crea un empleo por cada 84.6 toneladas de celulosa y papeles producidos. Aplicando este índice a las proyecciones de producción se obtiene el número de empleos generados en esta rama durante el periodo de 1983-1988.

	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Producción de celulosa y papeles (000 toneladas)	3250	3419	3883	4021	4173	4203
Personal empleado	38416	40414	45898	47530	49326	49681
Nuevos empleos	3794	1998	5484	1632	1796	355

De acuerdo con las proyecciones anteriores, el número de nuevos empleos dentro de la industria de la celulosa y el papel durante el próximo sexenio asciende a 15,000. Realmente se espera que el número de nuevos empleos sea mayor, ya que como se indicó anteriormente, en el presente estudio no se consideraron ampliaciones en la planta productiva más allá de 1984 y al mismo tiempo se está recomendando la creación de nuevas plantas, principalmente en el área de celulosas, que de llevarse a cabo incrementan considerablemente esa cifra.

FIGURA C-1

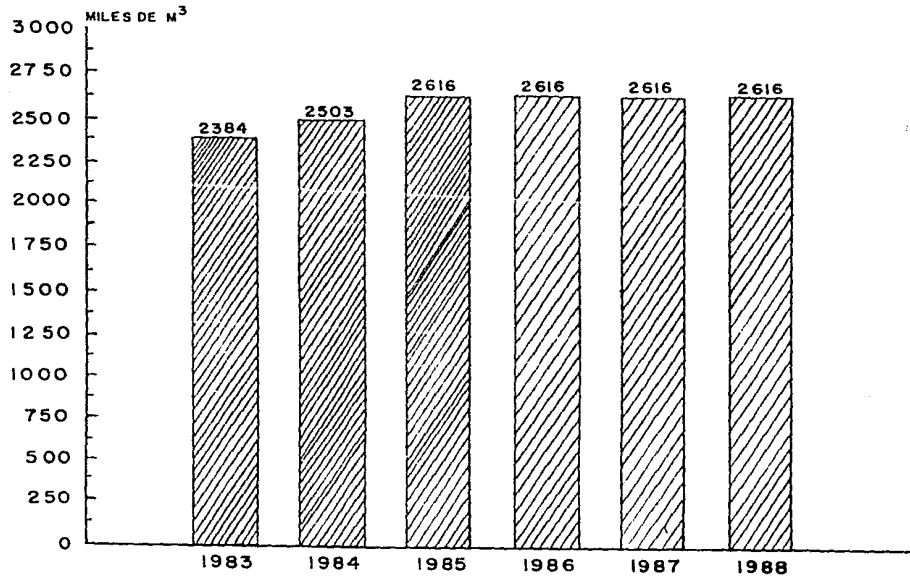
REQUERIMIENTOS DE BAGAZO SECO



FUENTE . DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DEL PAPEL Y LA CELULOSA DEL IEPEP. SEPT. DE 1982.



FIGURA C-2  
REQUERIMIENTOS DE MADERA

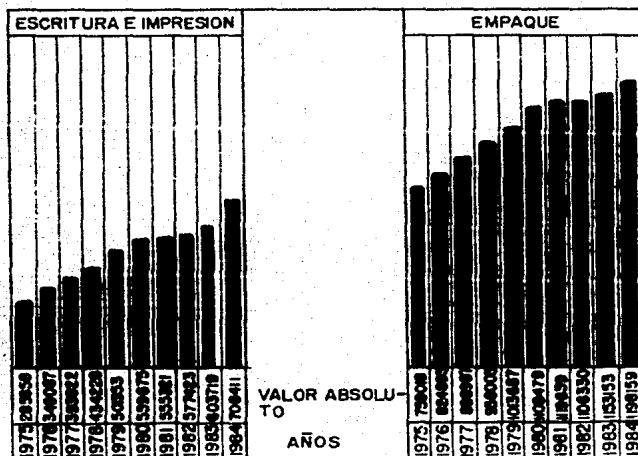


FUENTE. DATOS ELABORADOS POR LA SUBCOMISION DEL PAPEL Y LA CELULOSA DEL IEPES.  
SEPTIEMBRE DE 1982.

## ANALISIS HISTORICO DE LA PRODUCCION DE PAPEL PARA ESCRITURA E IMPRESION Y DE PAPEL PARA EMPAQUE

AÑOS	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
ESCRITURA E IMP.	285856	349087	393922	434228	501353	559675	555321	577423	60379	708411
EMPAQUE	750919	824893	888987	956003	1013687	1108479	1119659	1106330	1153153	1198159

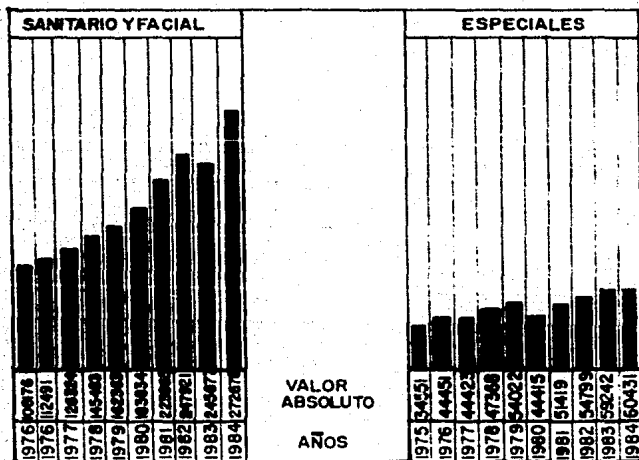
FUENTE. DATOS DE LAS FABRICAS



**ANALISIS HISTORICO DE LA PRODUCCION  
DE PAPEL SANITARIO Y FACIAL  
Y DE PAPELES ESPECIALES  
(TONELADAS METRICAS)**

AÑOS	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
SANITARIO Y FACIAL	105176	112491	126324	145483	162363	183834	223865	247921	245677	272678
ESPECIALES	34551	44451	44423	47368	54022	44415	51419	54799	59242	60431

FUENTE. DATOS DE LAS FABRICAS.



VOLUMEN Y PARTICIPACION RELATIVA DE  
LA PRODUCCION DE CELULOSA EN PAISES  
DE LATINOAMERICA

(MILES DE TONELADAS METRICAS)

AÑOS	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
ARGENTINA	3030 10.0	318.0 10.6	279.0 8.7	320.0 8.8	325.0 7.9	418.0 8.4	337.0 6.2	297.0 5.6	390.0 7.2	618.0 11.2
BOLIVIA	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	26.0 0.5	26.0 0.5
BRASIL	1345.0 44.8	1409.0 45.9	1510.0 46.7	1716.0 47.0	2072.0 50.7	2780.0 55.7	3224.0 59.0	3116.0 58.8	3207.0 59.4	2917.0 52.8
COLOMBIA	176.5 5.9	138.3 4.6	167.7 5.2	178.0 4.9	182.5 4.5	204.0 4.1	206.0 3.7	204.0 3.8	193.7 3.6	189.0 3.4
CHILE	442.7 14.7	439.9 14.6	520.0 16.1	614.0 16.8	664.9 18.3	700.8 14.1	763.1 14.0	743.3 14.1	667.7 12.4	796.0 14.4
ECUADOR	14.1 0.5	14.1 0.5	4.0 0.1	4.0 0.1	N.D.	N.D.	N.D.	24.0 0.5	26.0 0.5	26.0 0.5
MEXICO	567.0 19.0	550.0 18.3	623.0 19.3	672.0 18.4	706.0 17.3	717.5 14.4	731.8 13.4	724.5 14.0	748.1 13.8	800.6 14.5
PERU	99.1 3.3	89.3 3.0	90.5 2.8	98.4 2.7	95.1 2.3	108.4 2.2	141.7 2.6	103.0 1.9	74.9 1.4	60.0 1.1
URUGUAY	19.1 0.6	15.0 0.5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	23.0 0.4	21.0 0.4	28.0 0.5
VENEZUELA	37.1 1.2	29.3 1.0	36.5 1.1	45.5 1.3	43.6 1.0	55.9 1.1	62.6 1.1	46.1 0.9	41.6 0.8	63.0 1.1
TOTAL	3003.6 100.0	3002.9 100.0	3230.7 100.0	3647.9 100.0	4089.1 100.0	4982.6 100.0	5466.2 100.0	5298.9 100.0	5396.0 100.0	5523.6 100.0

NOTAS

N.D. DATOS NO DECLARADOS

E. DATOS ESTIMADOS

FUENTE. PARA LOS AÑOS 1974 A 1977 INFORME ESTADISTICO CICEPLA. NOVIEMBRE DE 1978 A 1982 INFORME ESTADISTICO. OCTUBRE AÑO 1983 PULP PAPER. AGOSTO DE 1984.

## VOLUMEN Y PARTICION RELATIVA DE LA PRODUCCION DE PAPEL EN PAISES DE LATINOAMERICA

MILES DE TONELAS METRICAS

AÑOS	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
ARGENTINA	827.0 16.3	615.0 13.4	552.0 10.8	587.0 10.6	608.0 10.0	796.0 11.5	704.0 9.5	656.0 9.1	730.0 9.8	883.0 11.0
BOLIVIA	0.8 0.02	0.7 0.02	1.0 0.02	1.0 0.02	1.0 0.02	1.0 0.01	1.0 0.01	1.0 0.01	59.0 0.8	59.0 0.9
BRASIL	1854.0 36.6	1888.0 36.8	2046.0 39.9	2228.0 40.3	2535.0 41.8	2979.0 42.9	3362.0 45.1	3103.0 43.1	3528.0 44.1	3420.0 42.4
COLOMBIA	305.0 6.0	251.5 5.5	283.7 5.5	281.0 5.1	320.9 5.3	341.7 4.9	386.8 5.0	371.0 5.1	376.0 5.0	386.0 4.8
CHILE	260.1 5.1	250.8 5.5	281.0 5.5	296.0 5.4	283.5 4.7	305.5 4.4	326.2 4.4	319.8 4.4	262.4 3.5	325.0 4.0
ECUADOR	16.0 0.3	16.0 0.4	17.0 0.3	19.0 0.3	37.0 0.6	41.0 0.6	41.0 0.5	54.0 0.7	59.0 0.8	59.0 0.7
MEXICO	1254.0 24.8	1185.0 25.9	1331.0 25.9	1454.0 28.3	1583.0 26.0	1731.4 25.0	1896.4 25.4	1950.3 27.0	2061.8 22.73	2238.7 27.8
PERU	165.0 3.2	142.0 3.1	152.0 3.0	157.0 2.8	161.8 2.7	180.4 2.6	203.1 2.7	197.0 2.7	145.0 1.9	131.0 1.6
URUGUAY	43.0 0.9	37.0 0.8	39.0 0.8	45.0 0.8	45.6 0.8	51.0 0.7	51.0 0.7	51.0 0.7	47.0 0.6	47.0 0.8
VENEZUELA	342.0 6.8	394.0 8.6	423.0 8.3	464.0 8.4	493.0 8.1	511.3 7.4	500.8 6.7	501.0 7.2	481.3 6.4	539.0 6.7
TOTAL	5066.9 100.0	4579.8 100.0	5125.8 100.0	5530.0 100.0	6068.8 100.0	6938.3 100.0	7457.4 100.0	7203.9 100.0	7549.5 100.0	9067.7 100.0

**NOTAS.**

Estimacion Pulp Paper Internacional  
e... Datos estimados

FUENTE. PARA LOS AÑOS 1974 a 1977 INFORME ESTADISTICO CICEPLA. NOVIEMBRE DE 1981. AÑOS 1978 a 1982  
INFORME ESTADISTICO CICEPLA. OCTUBRE 1983. AÑO DE 1983. PULP PAPER. AGOSTO DE 1984.

**CONSUMO PER CAPITA DE PAPEL EN  
PAISES DE LATINOAMERICA**

(KILOGRAMOS)

ANOS	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
ARGENTINA	40.0	37.8	37.0	28.5	29.6	N.D.	33.6	30.0	32.2	32.0
BOLIVIA	3.6	4.0	4.0	N.D.	N.D.	N.D.	3.8	3.2	18.0	18.0
BRASIL	21.0	17.4	20.3	22.0	23.4	26.7	27.9	29.1	26.0	26.0
COLOMBIA	16.2	11.5	13.0	14.2	15.5	16.2	17.0	16.8	16.7	16.1
CHILE	25.8	15.8	16.0	21.6	21.6	23.4	28.7	25.0	19.3	22.9
ECUADOR	7.3	7.3	7.0	N.D.	N.D.	N.D.	9.9	10.9	11.6	11.6
MEXICO	26.2	24.6	26.1	27.1	26.2	28.4	36.7	36.7	30.2	30.2
PERU	16.5	13.4	12.0	12.6	11.6	10.4	12.6	10.0	9.1	9.3
URUGUAY	22.0	16.0	17.0	N.D.	N.D.	N.D.	21.9	25.0	16.8	16.9
VENEZUELA	45.3	44.4	46.9	52.1	54.5	53.2	45.3	44.9	47.5	46.4

NOTA. N.D. DATOS NO DECLARADOS.

E. DATOS ESTIMADOS.

FUENTE . PARA LOS AÑOS 1974 A 1977 INFORME ESTADISTICO CICEPLA. NOVIEMBRE DE 1981. AÑOS  
1978 - 1982 INFORME ESTADISTICO DE CICEPLA. AÑO OCTUBRE DE 1983. PULP PAPER.  
AGOS TO DE 1984

PRODUCCION DE PAPEL POR TIPOS

( TONELADAS METRICAS )

TIPOS	AÑOS	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
<b>1. PARA ESCRITURA E IMPRESION</b>								
1.1. Papel		251968	316617	360934	397817	454641	500830	499848
1.1.1. Aereo y copia		10702	7592	6219	7776	8480	11766	13170
1.1.2. Bond		143385	173115	183131	207898	236232	270119	269688
1.1.3. Ediciones		16048	19747	15744	20008	22834	27000	23888
1.1.4. Recubierto		35110	42144	51622	53898	55575	48693	57064
1.1.5. Periodico		29380	56204	89664	84430	94925	115734	128848
1.1.6. Libros de texto		17343	17815	14554	24607	36615	27518	29081
1.2. CARTULINA		33890	32470	32988	36411	46712	58845	84008
1.2.1. Sin recubrir		25115	26550	28511	30175	33881	40923	48888
1.2.2. Recubierto		8775	5920	4477	6236	12831	17922	18088
Subtotal		285858	349087	393922	434228	501353	559675	588881
<b>2. ENPAQUE</b>								
2.1. Papel		619063	665140	722318	780095	822537	882260	888778
2.1.1. Sacos		117276	117632	123296	135758	124690	120633	108044
2.1.2. Bolsas		38482	36186	36367	35823	35540	37313	38867
2.1.3. Embalaje		70350	59207	64548	69555	67653	65999	68871
2.1.4. Cajas liner		281287	319072	347615	376405	400960	442184	438829
2.1.5. Carrugado		111668	133043	150292	164754	193692	216168	218188
2.2. CARTONCILLO		138955	159753	166669	178810	191150	228219	228889
2.2.1. Duplex sin recubrir		20215	21195	10893	16593	20177	21615	20439
2.2.2. Duplex recubierto		89970	104628	117891	122916	136375	180247	172908
2.2.3. Gris		29770	33930	37885	38401	34598	24357	28833
2.2.4. Cartoncillo / ligados Compositos		—	—	—	—	—	—	—
Subtotal		759018	824893	888987	956005	1013687	1108479	1188888
<b>3. SANITARIO Y FACIAL</b>		105176	112491	126324	145483	162363	183834	228888
<b>4. ESPECIALES</b>								
4.1. Gloseine		4000	4600	5386	3302	3201	2564	3888
4.2. Otros		3420	2378	2026	1096	2204	1486	700
4.3. OTROS		27131	37473	37011	42970	48617	40365	48881
Subtotal		34551	44451	44423	47566	54022	44415	51811
<b>TOTAL</b>		<b>1184603</b>	<b>1330922</b>	<b>1453656</b>	<b>1583084</b>	<b>1731425</b>	<b>1896403</b>	<b>2088888</b>

FUENTE. DATOS ELABORADOS DE LAS FABRICAS.

**PRODUCCION DE PAPEL POR TIPOS**

( TONELADAS METRICAS )

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
	360934 5219 183131 15744 51622 89864 14554	397817 7776 207898 20008 53898 84430 24807	454641 8480 236232 22834 55575 94925 36615	500830 11766 270119 27000 48693 115734 27518	499312 13178 269055 23288 37064 128646 28081	515468 23951 279740 11604 33236 125463 41474	561307 4614 292022 13637 53840 157023 40171	660037 5751 332170 4850 53285 65247 65247
	32968 28511 4477 393922	36411 30175 8236 434228	46712 33881 12831 501353	58845 40923 17922 559875	56009 43986 12023 555321	61955 36813 25142 577423	42412 29571 12841 603719	48374 35608 12766 708411
	722318 123296 36567 64548 347615 150292	780095 133758 33823 69355 378405 164754	822537 124690 35540 67655 400980 193692	882260 120633 37313 65999 442184 216168	895779 153044 39767 51571 439229 212168	890525 153287 44297 45289 440843 206818	944910 167140 46462 44442 494204 192662	954968 159640 34906 47364 406056 217402
	188689 10893 117891 37885	175840 18593 122916 38401	191150 20177 136375 34598	226219 21615 180247 24357	223880 20139 172908 30833	215805 16811 175934 23060	208243 14509 159905 22593	243191 11525 171966 24168
	888987	956005	1013687	1108479	1119659	1106330	11236 153153	35532 1198159
	126324	145483	162363	183834	223865	247921	245677	272678
	5386 2026 37011 44423	3302 1096 42970 47368	3201 2204 48617 54022	2564 1486 40365 44415	4996 700 45823 51419	2383 1053 51363 54799	4418 760 54064 59242	4288 1594 54549 60431
	1453656	1583084	1731425	1896403	1950264	1986473	2061791	2239679



CAPITULO II

NATURALEZA Y DESCRIPCION DE MATERIAL FIBROSO EMPLEADO Y ADITIVOS (AGENTES) EMPLEADOS.

Los procesos a la sosa y al sulfato se tratarán juntos, teniendo en cuenta que actualmente sólo existen unas cuantas fábricas de pulpa a la sosa, ya que las que comenzaron produciendo pulpa a la sosa se han convertido en fábricas de pulpa al sulfato.

En la fabricación de pulpa por el proceso a la sosa, se usa un licor de cocción que consiste principalmente de sosa cáustica. El proceso al sulfato difiere del de la sosa porque en su licor de cocción utiliza sulfuro de sodio junto con hidróxido de sodio. A la presencia del sulfuro se debe la mayor resistencia de la pulpa de cocción más rápida del proceso al sulfato, en comparación con la pulpa a la sosa.

Las ventajas de este proceso sobre otros procesos, ya sean ácidos o alcalinos, se pueden reunir como siguen:

1.- Es un proceso que da mayor flexibilidad en el empleo de materias primas, pues pueden tratarse por el casi cualquier tipo de madera.

2.- Tiene tiempos de cocción más cortos, lo que redundará en una mayor producción por unidad de digestión (digestores).

3.- La pulpa obtenida es susceptible de blanquearse a altos grados de blancura, aún cuando su costo por blanqueo es superior al de los procesos ácidos.

4.- Reduce notablemente los problemas de resinas.

5.- Produce pulpas de mayor resistencia que los otros procesos.

6.- Produce subproductos de alto valor, como son el aceite de pino y la trementina.

7.- La recuperación de reactivos empleados en el proceso es relativamente fácil, comparada con los otros procesos.

Sus principales desventajas son un alto costo de inversión inicial, problemas de contaminación ambiental, por malos olores en los gases de desecho produce pulpas de muy bajo color (café) en estado crudo, el costo de blanqueo es alto y presenta dificultades al batido y refinación, lo cual se traduce en una demanda mayor de energía eléctrica/tonelada de pulpa refinada.

Los procesos de la obtención de la pasta mecánica, a la sosa y al sulfato se podrán tratar de la misma manera teniendo en cuenta que actualmente existen pocas fábricas.

En la fabricación de la pasta mecánica, un gran porcentaje de esta pasta elaborada se emplea en fábricas integradas por tipos específicos de papel, y la calidad de dicha pasta se busca para satisfacer las necesidades de la fábrica de papel. Las fábricas de papel para periódico consumen grandes cantidades de pasta mecánica en suspensión, dado que este tipo de pulpa constituye aproximadamente el 80% de la composición fibrosa del citado papel.

En la fabricación de la pasta mecánica no es fácil mantener un determinado estandar de calidad, debido a las muchas variables inherentes a la materia prima usada y el equipo disponible.

## PASTA MECANICA.

La pasta mecánica difiere de la química en que contiene prácticamente toda la lignina de la madera original, y las fibras no existen como entidades unitarias sino más bien como conjuntos y fragmentos de fibras.

Las propiedades de una pasta mecánica dependen tanto de la madera empleada como de la forma de llevar a cabo la molienda de ésta.

La superficie de la piedra empleada en la fabricación tiene una gran influencia sobre la lisura y uniformidad de la pasta obtenida.

La velocidad de molienda tiene influencia sobre la resistencia de la pasta y la presión de molturación influye en el grado de refino de la pasta obtenida.

Para evaluar en el laboratorio las características de una pasta mecánica suelen emplearse como factores característicos la resistencia al estallido y el grado de refino y la clasificación de sus fibras. El grado de refino por sí solo dice con el examen visual de la muestra y, preferiblemente, con el ensayo de resistencia. Entre el grado de refino y el estallido existe, para una pasta procedente de una misma madera, una relación -- exponencial.

Puede construirse un gráfico que en abscisas represente la relación estallido ( $\text{gr/cm}^2$ ) a gramaje ( $\text{gr/m}^2$ ) y en ordenadas grado de refino (Shopper o Freenes).

Se obtendrá así una familia de curvas que servirán de base para comparar la calidad de una pasta mecánica que se compare, refiriéndola a un valor del gráfico: por ejemplo, la resistencia encontrada para un gramaje de una hoja con un cierto grado de refino puede ser referida a la correspondiente a un "Freenes" o "Shopper" tomado como base siguiendo las curvas correspondientes. La relación estallido/refino en una pasta depende de las condiciones de molturación.

Otro factor que influye en la calidad de una pasta mecánica es la madera, para pasta mecánica la calidad de la madera debe ser mejor que para la pasta química; se prefiere que la madera sea de baja densidad y fibra larga. No obstante, modernamente se obtienen pastas mecánicas de fibra corta de muy buena calidad previa impregnación con vapor de la madera; pierde, sin embargo, unos grados de blancura.

El grado de refino que debe tener una mecánica depende del tipo de papel que se quiere obtener. Para papeles bastos, liner, de envolver y similares de 160 a 250° C.F. (62-46° SR), para prensa 85-95° C.F. (72-70° SR) y para libros e impresión 60-80° C.F. (78-74° SR):

Cuando la densidad de la madera es alta (fibra corta), la pasta suele tener menos resistencia y bajo color.

Como antes dijimos, la pasta mecánica no contiene fibras homogéneas e independientes, sino que es un conglomerado de fibras reunidas, fibras quebradas y finas. La calidad de la fibra en una pasta mecánica puede determinarse de manera cualitativa por el ensayo del vidrio azul, en el cual se coloca una pequeña cantidad de pasta en suspensión y se examina a través de una luz fuerte. Como la luz que atraviesa el vidrio es azul y las fibras blancas, se observa con bastante perfección la naturaleza y uniformidad de las fibras. Puede el observador deducir el número de finos y la longitud media de las fibras.

Otra manera de comprobar la longitud de fibra es por el empleo del clasificador de fibras.

Para una evaluación cuantitativa se emplea el método microscópico expuesto en otro lugar. En la pasta mecánica se consideran fibras largas las comprendidas entre 0,8 y 4,5 mm y cortas entre 0,2 y 0,8 mm, los finos entre 0,02 y 0,2 mm y menos de 0,02 mm son mucllagos. La proporción de estas fracciones determinan su poder de afieltramiento y la resistencia de la hoja de papel en húmedo y en seco. El porcentaje de finos es normalmente del 40-60%.

Otros métodos evaluativos de la calidad de una mecánica son el tiempo de drenaje (descrito en otro lugar) y las propiedades físicas de las hojas formadas.

Ciertas células de la madera de que se obtiene la pasta segregan una coloración: la presencia de productos colorantes es causa de graves inconvenientes en la pasta por comunicarse a ésta una cierta tonalidad.

La pasta mecánica comparada con la química, tiene unas propiedades de resistencia mucho más pequeña. Los papeles a base de pasta mecánica, por el hecho de contener todos los productos de la madera, se deterioran con facilidad al poco tiempo a la vez que toman una tonalidad amarillenta. Por esta razón, la mecánica se usa solamente en papeles de poca vida, tales como papel de periódicos, libros baratos, catálogos, "toilet" y algunos tipos de cartoncillo. Para estos tipos, la mecánica aporta buenas propiedades de bajo costo, buena impresión, alta opacidad y buen drenaje, lo que permite emplearla en máquinas de gran velocidad. Sus cualidades de impresión son buenas por comunicar buena lisura y absorción de la tinta. También, los papeles con mecánica tienen menos tendencia a ondularse que los papeles con pasta química.

La adición de pasta mecánica a otras pastas proporciona papeles con características muy variables; así, por ejemplo, el papel prensa contiene sobre un 85% y los papeles de impresión del 30-80%. Cuando se agrega un pequeño porcentaje de pasta mecánica (10-20%) a pastas químicas de fibra larga, se obtiene un ligero aumento de estallido sin disminuir el desgarrado. Mayores porcentajes de mecánica ya son perjudiciales a la resistencia mecánica del papel.

## PASTAS AL SULFITO.

Tienen una resistencia media inferior a las pastas al sulfato y una buena capacidad de formación de hoja. Es pasta de fácil refino. Normalmente los papeles que se obtienen con esta pasta tienen alto estallido.

Su resistencia al rasgado, sin embargo, es baja comparada con la pasta al sulfato. Normalmente se fabrican varios tipos: cruda, blanqueada, de fácil blanqueo y tipo "glassine" e incluso, pastas de alto rendimiento (semiquímica).

La cruda es el tipo más resistente entre las de su tipo y se usa mezclada con mecánica o papel prensa para papeles de envolver y otros tipos con buena resistencia.

La blanqueable la suelen comprar las fábricas que tienen su propio blanqueo, y producen papeles blancos resistentes como los de envolver.

La de fácil blanqueo se emplea para formar papeles donde la blancura es más importante que la resistencia, como papeles de impresión.

La de tipo "glassine" se emplea para fabricar tipos de papel donde se requiere alta resistencia y rapidez de hidratación (refino), como es el pergamino.

Las pastas al sulfito tienen aceptación también para papeles sanitarios y "tissue".

Las propiedades de las pastas al sulfito son diferentes según procedan de maderas duras (fibra corta) o blandas (fibra larga). La de fibra corta se hidrata mejor que las de la misma madera por el proceso a la sosa, y a causa de esta mayor capacidad de hidratación puede formar papeles más resistentes y más densos.

Sin embargo, la opacidad es mayor cuando se trata de pastas a la sosa.

Generalmente, las pastas al sulfito de fibra corta son blanqueadas, suelen mezclarse con otras de fibra larga para fabricar el papel tipo revista porque mejoran la formación.

Una gran ventaja de la pasta de fibra corta es su bajo contenido en resinas.



## PASTAS DE PROCESO ALCALINO.

De Estas, las pastas a la sosa cada vez se fabrican menos, por estar siendo desplazadas por las pastas al sulfato.

Las pastas a la sosa proceden en general de maderas de fibra corta, ya que las de fibra larga son de más difícil blanqueo que las obtenidas por el proceso al sulfito.

Las pastas a la sosa de fibra corta tienen poca resistencia mecánica y poca longitud de fibra. Prácticamente siempre se usa blanqueada, por lo general en papeles de impresión, a los que aporta buenas propiedades de espesor, buena formación, alta opacidad, buena absorbencia y lisura. Las pastas a la sosa no hidratan tan bien como las pastas al sulfito, probablemente porque el álcali usado en la lejiación elimina mayor porcentaje de hemicelulosas. La carencia de hemicelulosas de fácil refino, influye en la baja resistencia y alta absorbencia de los papeles que la contienen. La resistencia al estallido de los papeles fabricados con pasta a la sosa es del orden del 40-50% de los obtenidos de abeto al sulfito o al sulfato.

Las pastas al sulfato pueden proceder tanto de maderas de fibra corta como larga, así como de plantas anuales. Ciertas mezclas de pastas al sulfato con un 25% de fibra corta, se emplean con frecuencia para la obtención de liner.

Cuando son de maderas de fibra larga, por lo general, se emplean como pastas crudas; los rendimientos en su obtención son superiores a los obtenidos por el procedimiento a la sosa.

Cuando proceden de maderas de fibra corta, hay menos diferencia en rendimientos respecto al proceso a la sosa que cuando se parte de fibra larga. Las características mecánicas (estallido y carga de ruptura) son superiores que en el proceso a la sosa.

Cuando proceden de maderas de fibra corta, hay menos diferencia en rendimiento respecto al proceso a la sosa que cuando se parte de fibra larga. Las características mecánicas (estallido y carga de ruptura) son superiores que en el proceso a la sosa.

Sin embargo, en ambos procesos alcalinos, se eliminan las hemicelulosas, mientras que cierto porcentaje de pentosanas resistentes al álcali quedan en la pasta. Estas pentosanas que quedan en la pasta no son tan fácilmente hidratables como las hemicelulosas eliminadas en la lejiación, lo que explica la mayor dificultad de estas pastas al refino comparadas con las pastas al bisulfito. Aunque el aspecto de las pastas al sulfato y a la sosa observadas al microscopio es muy parecido, sin embargo, cuando se refinan, se observa mayor fibrilación en las pastas al sulfato y más fibras en las pastas a la sosa.

La mayor aplicación de las pastas al sulfato de coníferas (kraft) no blanqueadas, es la fabricación de papel liner para cartón corrugado y, en general, para los papeles que requieren gran resistencia al estallido y buenas propiedades de resistencia mecánicas y al alargamiento, como sacos y embalaje.

Las pastas al sulfato blanqueadas son más resistentes que las pastas al bisulfito blanqueadas y se emplean en la fabricación de papeles blancos en que la resistencia es importante, tales como: sobres, bolsas y embalajes blancos (celulosas), papeles de impresión, para planos, resistentes a las grasas, vegetal y en cajas de cartón. Una gran expansión de las pastas al sulfato blanqueadas la tiene también las cajas de cartón para conservar alimentos.

Otros usos de la pasta al sulfato en sus variedades blanca, semiblanca y cruda, es la fabricación del papel "tissue", para cables, papel-lija, plastificados, vasos de papel y muchos otros. Puede decirse, por tanto, que las pastas al sulfato son las de mayor aplicación.

*Las pastas al sulfato de fibra corta pueden emplearse como celulosa tipo rayón, siempre que en el proceso de fabricación vayan precedidas de una prehidrólisis ácida que elimine las pentosanas.*

## ADITIVOS:

### Agentes de retención.

Un problema que ha recibido mayor atención en los últimos años es el de retención de material fibroso y no fibroso.

Por definición se puede decir que un agente de retención es un producto químico capaz de formar un floculo en el sistema de fabricación de papel, de cambiar las características superficiales de las fibras y de otras partículas suspendidas en el sistema y actuar como puente químico entre partículas de carga semejante.

El objetivo principal de estos productos es el de aumentar la retención de sólidos (ya sean fibras finas o pigmentos y cargas) en la máquina de papel, lo cual significa aguas residuales más claras y otro asunto importantísimo en la industria papelera, no solo debido a los estándares legales que cada vez son más exigentes, sino como alivio de los circuitos. Aguas más limpias significan introducir menos densidad de sólidos en caja de entrada, es decir, mejor formación de la hoja en la tela sin olvidar que además la retención de cargas disminuye la abrasión, obteniendo un menor desgaste de vestiduras.

Así pues, aumentar la retención de sólidos significa ahorros potenciales por:

- Mayor retención.
- Menor consumo de vapor.
- Menor consumo de gas.
- Mayor duración de telas y fieltros.
- Menor pérdida de fibras y cargas.
- Mayor drenabilidad del agua en la formación de la hoja.
- Menor obturación de vestiduras.

Como se mencionó anteriormente, todo agente de retención debe cumplir con tres factores:

- a).- Ser capaz de producir microfloculos.
- b).- Influenciar o cambiar las cargas eléctricas superficiales de la celulosa y de los pigmentos.
- c).- Ser capaz de unir partículas de igual carga eléctrica.

Esto significa que debe unificar fibras finas y pigmentos, esta unión puede ser por:

- 1).- Neutralización de los potenciales negativos de la celulosa, finos y pigmentos.
- 2).- Reacción de moléculas de cargas opuestas.
- 3).- Formación de puente de hidrógeno.

#### Neutralización de carga.

La forma más sencilla de floculación, es la progresiva neutralización de las cargas eléctricas de las partículas, con esto se originan, sin embargo, floculos poco estables de fibra y carga y una insuficiente mejora de la retención.

El potencial "Z" será en una floculación óptima particularmente igual a cero, una floculación más estable y una mejora en la retención más efectiva, sólo se puede lograr a través de la adición de aditivos sintéticos de alto peso molecular, según la materia prima utilizada se acorta también el tiempo de desgaste.

Los polímeros de alto peso molecular actúan esencialmente sobre la formación de mosaico o la formación de puentes.

### *Sorción superficial en forma de mosaico.*

*En este tipo de actuación las cadenas de polímeros se orientan sobre las partículas como manchas aisladas y producen una atracción electrostática a través de la neutralización parcial de las cargas eléctricas superficiales, en concreto, dos particular cubiertas con polímero preferentemente con cargas superficiales opuestas se orientan una contra otra para vencer la barrera electrostática de repulsión. La fuerza de atracción resultante depende entre otras cosas de la intensidad de carga del polímero (peso molecular por unidad de carga) y del grado o capacidad del polímero de cubrir las partículas. Esta capacidad por otra parte, es determinado por el desarrollo del polímero, su solubilidad y a través de los efectos recíprocos entre segmentos poliméricos unitarios.*

### *Formación de puentes.*

*Si el tamaño medio de la cadena del polímero es suficientemente grande para vencer la barrera electrostática de repulsión, se podrán formar puentes poliméricos como componentes de unión, para esto no es necesario una neutralización total de las cargas superficiales. El potencial "Z" será por esto, en una floculación óptima claramente distinto de cero, igualmente ocurre en la formación de mosaico.*

*Los productos de retención podemos clasificarlos en 4 diferentes tipos:*

- 1).- Productos inorgánicos.*
- 2).- Productos orgánicos naturales.*
- 3).- Productos orgánicos naturales modificados.*
- 4).- Productos orgánicos sintéticos.*

Debido a que en los últimos años han ganado cada vez más importancia los productos orgánicos sintéticos, ya sea catiónicos o aniónicos, se tratarán estos preferentemente.

#### Productos orgánicos sintéticos.

Este tipo de productos pueden clasificarse en 4 grupos:

1).- Polietilenaminas y sus modificaciones.

Polimerizando etilenamina resultan macromoléculas ramificadas completas. Las polietilenaminas pueden aún modificarse con grupos ureicos o hacerse reaccionar con epíclorohidrina o dicloroetano, todos estos productos son de carácter catiónico.

2).- Pollaminas: Productos de condensación de aminas polivalentes con elementos de enlace que poseen grupos activos, por ejemplo: epíclorohidrina, catiónicos.

3).- Poliaminamidas: Productos de condensación a partir de aminas y ácidos polivalentes con sustancias reactivas, por ejemplo: epíclorohidrina o dicloroetano, catiónicos.

4).- Poliacrilamidas: Productos de polimerización de acrilamida, pesos moleculares muy elevados y diferentes modificaciones, normalmente se obtienen productos no iónicos, según si llevan grupos carboxílicos son aniónicos y si llevan grupos amínicos son catiónicos.

Los grupos esenciales que estos productos poseen son dos: (amínicos y amídicos). A pesar de pequeñas diferenciaciones entre los productos, las diferencias de efectividad y rendimiento pueden ser apreciables. Esto significa que sólo mínimas variaciones en peso molecular, - grupos hidroxílicos o carboxílicos, etc. pueden cambiar las propiedades considerablemente.

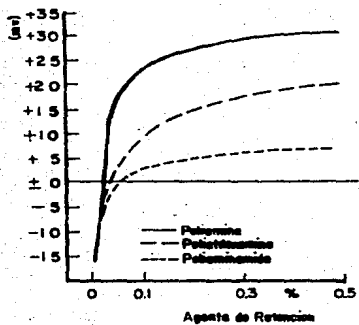
DIFERENTES TIPOS DE PRODUCTOS DE RETENCIÓN

<u>Productos de retención</u>	<u>Base</u>	<u>Campos activos</u>
<i>Poliétilenamina</i>	$\text{CH}_2\text{-CH}_2$  $\text{NH}$ $\text{CH}_2\text{-CH}_2 \text{ H}_2\text{N-CO-NH}_2$ $\text{NH}$ $\text{CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{Cl}$ $\text{O}$ $\text{Cl-CH}_2\text{-CH}_2\text{-Cl}$	$-\text{NH}_2\text{-NHR-NR}_2\text{-NR}_3$  $-\text{NH}_2\text{-NHR}_1\text{-NR}_2\text{-NR}_3^+$ $-\text{CO-NH-CH-OH}$
<i>Poliétilenamina modificada.</i>	$\text{HRN-(CH}_2)_n\text{-NR}_2$ $\text{CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{Cl}$ $\text{O}$	$\text{NR}_2\text{-NR}_3\text{-CH-OH}^+$
<i>Poliamina</i>	$\text{HRN-(CH}_2)_n\text{-NR}_2$ $\text{CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{Cl}$ $\text{O}$	
<i>Poliamina-mida</i>	$\text{HRN-(CH}_2)_n\text{-NR}_2$ $\text{HOOC-(CH}_2)_n\text{-COOH}$ $\text{CH}_2\text{-CN-CH}_2\text{Cl}$ $\text{O}$ $\text{CH}_2\text{-CH-CO-NH}_2$ $\text{R-NH}_2$ $\text{CH}_2\text{-CH-CO-NH}_2$ $\text{CH}_2\text{-CH-CO-NH}_2$	$-\text{NR}_2\text{-NR}_3\text{-CO-NH-}$ $-\text{CH-OH}$ $\text{1}$  $-\text{CO-NH}_2\text{-CO-NH}$ $-\text{NH}_2\text{-NHR-NR}_2\text{-NR}_2$ $-\text{CO-NH}_2\text{-CO-NH-}$  $-\text{CO-NH}_2\text{-CO-NH}$ $-\text{COOH}$
<i>Poliacrilamida</i>	$\text{CH}_2\text{-CH-CO-NH}_2$ $\text{R-NH}_2$ $\text{CH}_2\text{-CH-CO-NH}_2$ $\text{CH}_2\text{-CH-CO-NH}_2$	$-\text{CO-NH}_2\text{-CO-NH}$ $-\text{NH}_2\text{-NHR-NR}_2\text{-NR}_2$ $-\text{CO-NH}_2\text{-CO-NH-}$  $-\text{CO-NH}_2\text{-CO-NH}$ $-\text{COOH}$

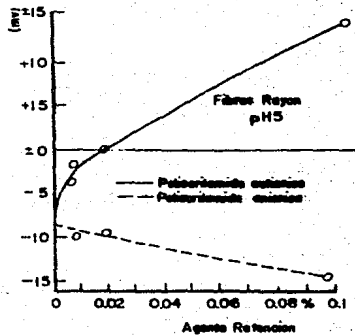


Un error que muchas veces se comete no solo es añadir poco agente de retención, el cual lógicamente no basta para neutralizar las cargas eléctricas negativas, sino también un exceso de estos productos es erróneo. Fibras y pigmentos se cargan en ese caso bruscamente positivamente y se repelen nuevamente.

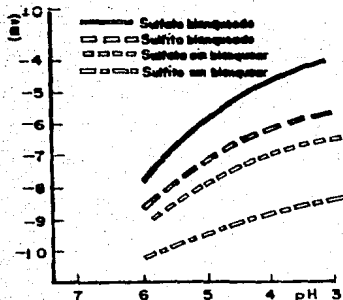
La unión de fibras, finos y pigmentos da flóculos, mientras más pequeños sean estos, esto es la formación de microfloculos, mejor será la calidad del papel. Factores como la dureza del agua, cantidad de sulfato de aluminio, composición de la pasta, valores pH, temperatura, cantidad de agente de retención, concentración y distribución en la caja de entrada, tiempo disponible entre dosificación y formación de hoja pueden influenciar los microfloculos así como también influye en la retención el tipo de tela de formación, tipo de máquina y tipo de mezcla fibrosa.



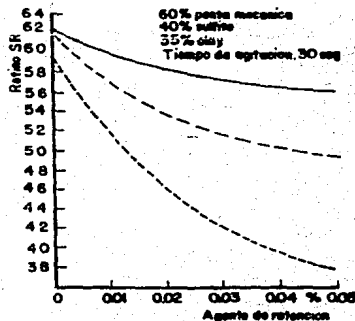
GRAFICA QUE MUESTRA LOS POTENCIALES DE DIFERENTES TIPOS DE PRODUCTOS DE PRODUCTOS DE RETENCION OBSERVANDO COMO AUMENTA LA ELECTRONEGATIVIDAD DE LOS MISMOS CONFORME AUMENTA LA CONC. DE LOS MISMOS.



GRAFICA QUE NOS MUESTRA LOS POTENCIALES ELECTRICOS DE POLIACRILAMIDAS A pH CONSTANTE DE 5 SE APPRECIA COMO ACTUAN DE MANERA INVERSA CONFORME AUMENTA LA CONCENTRACION DE ESTAS.



INFLUENCIA DEL pH SOBRE LA ELECTRONEGATIVIDAD DE DIVERSAS CELULOSAS, COMO A MEDIDA QUE DISMINUYE EL pH AUMENTA LA ELECTRONEGATIVIDAD.



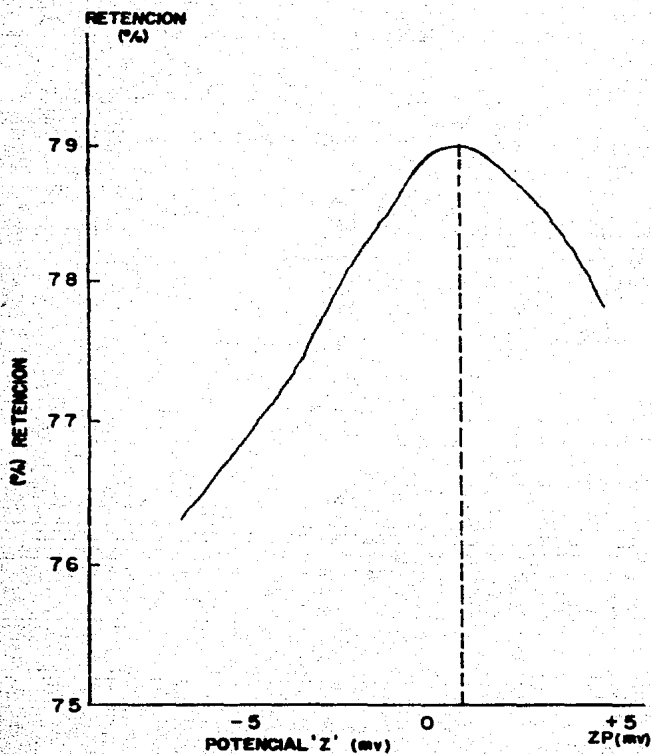
GRAFICA EN LA QUE OBSERVAMOS LA INFLUENCIA DE LA EFECTIVIDAD DEL DRENE OCAIONADA POR FUERZAS DE ROCE.

Así la retención además de los fenómenos de floculación entre las fibras, carga electrocinética o potencial "Z" depende también del tipo de tela, tipo de máquina y tipo de mezcla fibrosa.

Se sabe que la celulosa contiene una gran cantidad de grupos carboxílicos, los cuales le proporcionan un potencial negativo apreciable, esta negatividad es mayor mientras más elevado sea el pH.

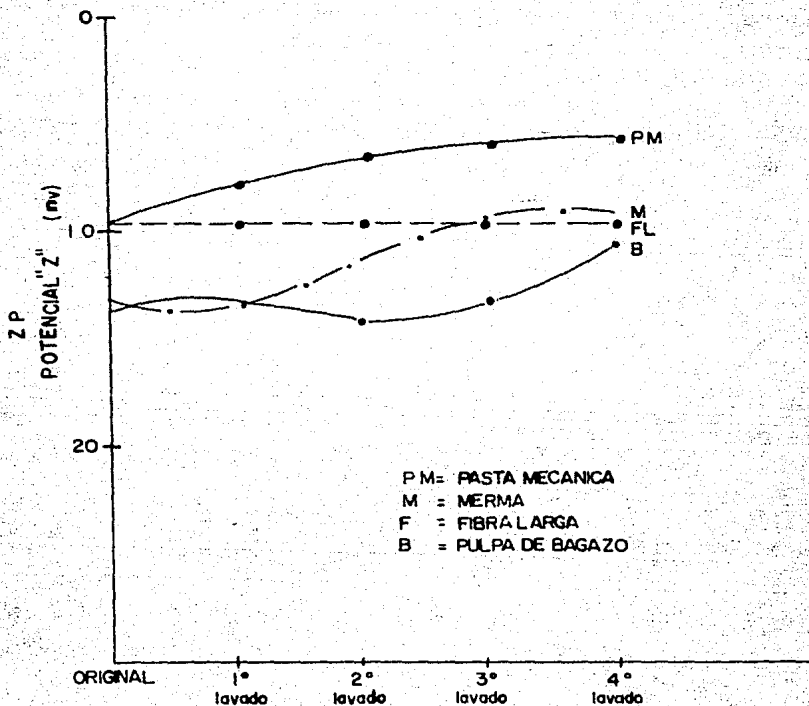
Las siguientes gráficas muestran los diferentes tipos de potenciales negativos de celulosa y la dependencia del pH, así como el porcentaje de retención y a lo largo de una mesa de papel, etc. Experiencias de maquinado así como de laboratorio.

FIGURA 6

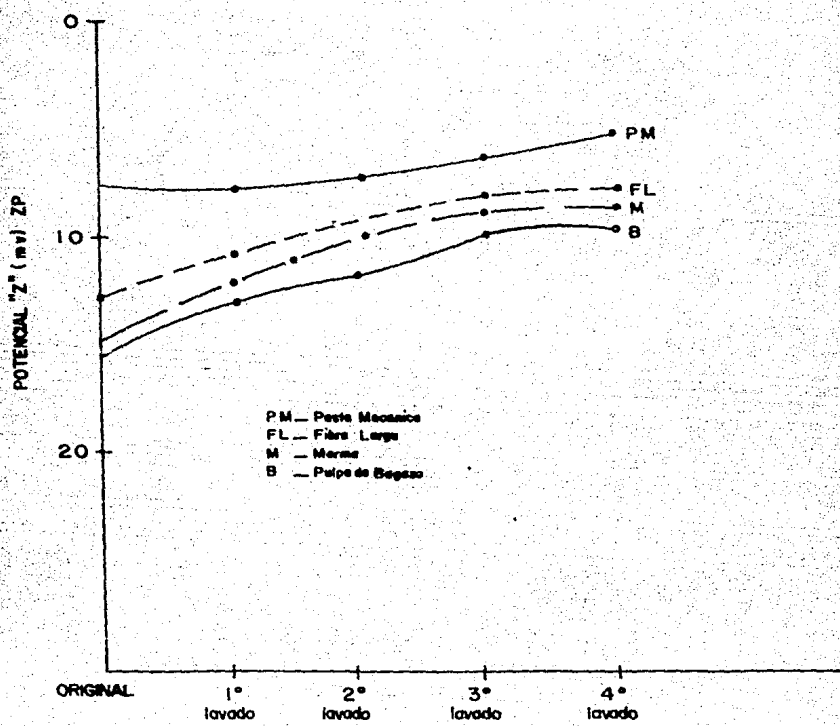


SE HA ENCONTRADO QUE LA MEJOR RETENCION SE DA EN UN RANGO DE POTENCIAL "Z" (ZP) O CARGA ELECTROSTATICA DE -5A +5 EN PRUEBAS DE LABORATORIO.

EN ESTA GRAFICA SE MUESTRA LA INFLUENCIA DEL AGUA FRESCA EN EL POTENCIAL "Z", ESTE AUMENTA EN EL CASO DE FIBRAS O CELULOSAS COMO BAGAZO, MERMA Y PASTA MECANICA, NO ASI COMO CON LA FIBRA LARGA, QUE SE MANTIENE EN UN VALOR CONSTANTE.

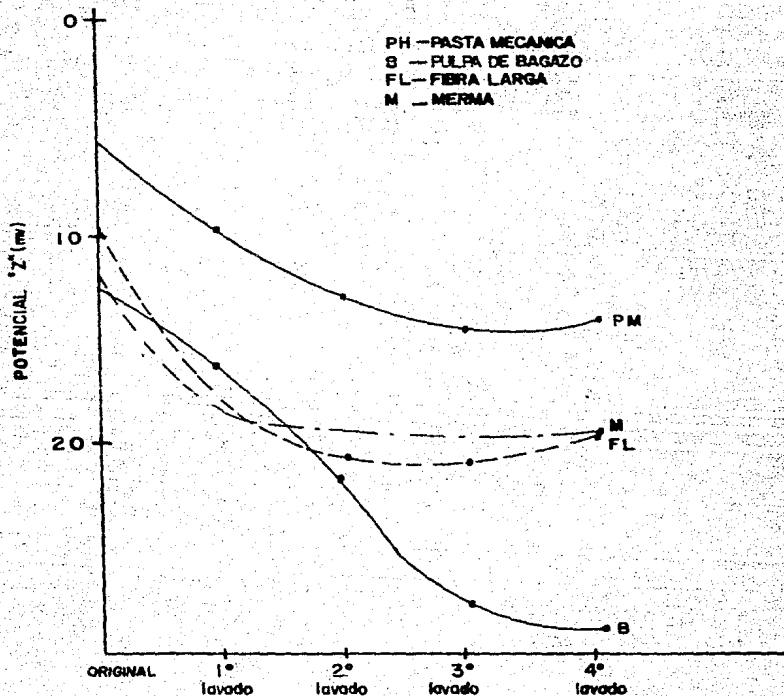


ASI COMO EL AGUA FRESCA LA INFLUENCIA DEL AGUA CLARA DEL RECUPERADOR  
 HACE QUE AUMENTE EL (ZP) DEL BAGAZO, PASTA MECANICA Y MERMA, ADEMAS  
 DE LA FIBRA LARGA A DIFERENCIA DEL AGUA FRESCA.



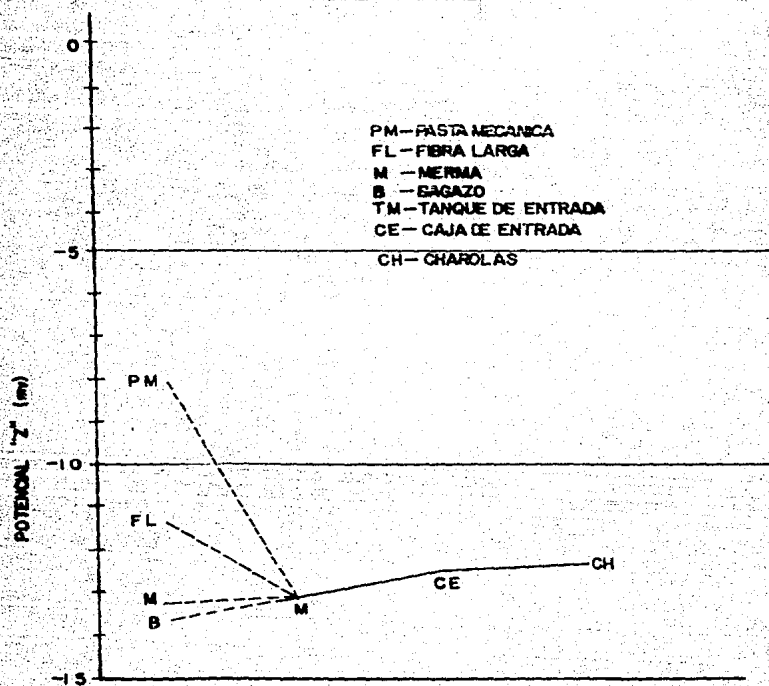
PM - Pasta Mecanica  
 FL - Fibra Larga  
 M - Merma  
 B - Palpe de Bagazo

LA INFLUENCIA DEL AGUA DESTILADA EN EL POTENCIAL "Z" ES INVERSO AL EFECTO QUE CAUSA EL AGUA DE PROCESO O EL AGUA FRESCA, EN ESTE CASO EL (ZP) DISMINUYE



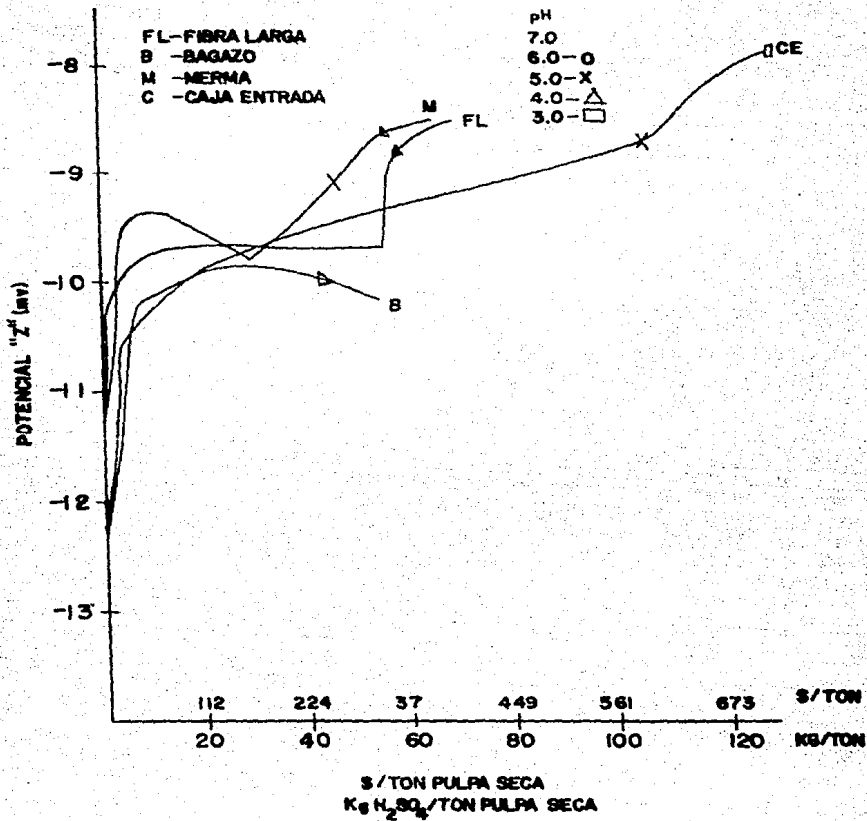
EN ESTA GRAFICA SE MUESTRA COMO VARIA EL (ZP) EN UNA MAQUINA DE PAPEL  
TENIENDO CADA FIBRA COMO UNA UNIDAD INDEPENDIENTE, ASI COMO LA MEZCLA  
DE ELLAS REALIZANDO DETERMINACIONES EN DIFERENTES PUNTOS DE LA MAQUINA

PERFIL POTENCIAL "Z"



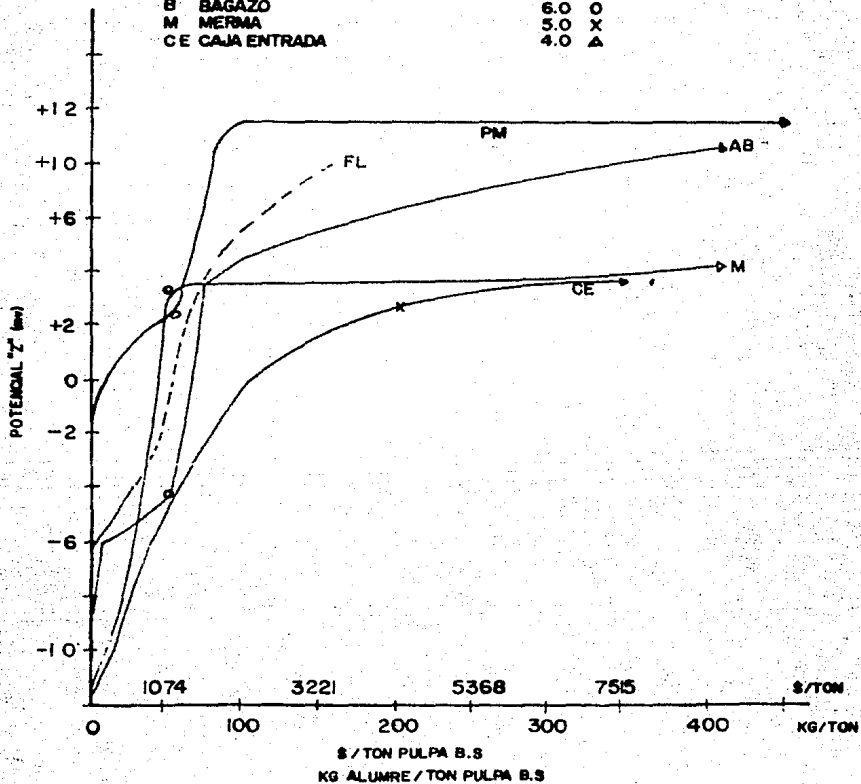


GRAFICA DE COMO PUEDEN AFECTAR ALGUNOS PRODUCTOS QUIMICOS SOBRE EL "ZP", EN ESTA GRAFICA SE PRESENTA LA INFLUENCIA DEL ACIDO SULFURICO SOBRE EL POTENCIAL "Z", ENCONTRANDO UN COMPORTAMIENTO ALGO EXTRAÑO EN LAS FIBRAS CONFORME DISMINUYE EL PH.

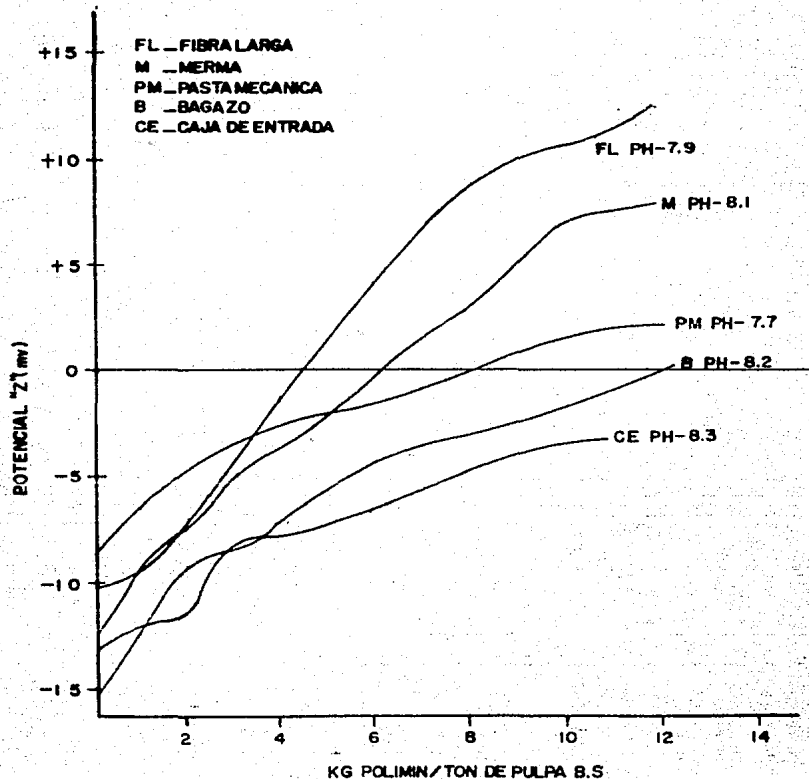


GRAFICA QUE MUESTRA LA INFLUENCIA DEL SULFATO DE ALUMINIO SOBRE EL POTENCIAL "Z", OBSERVANDO QUE UNA DOSIFICACION DETERMINADA DE SULFATO DE ALUMINIO EL(ZP) SE HACE CONSTANTE O TIENDE A SERLO.

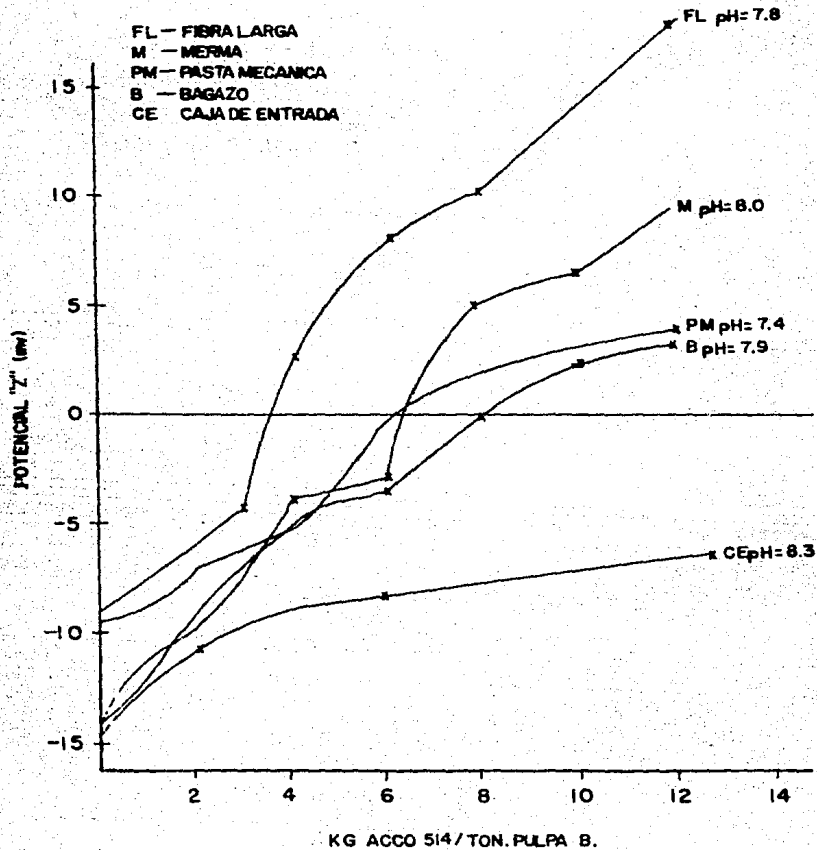
	PH
FL FIBRA LARGA	7.0
B BAGAZO	6.0 O
M MERMA	5.0 X
CE CALA ENTRADA	4.0 A



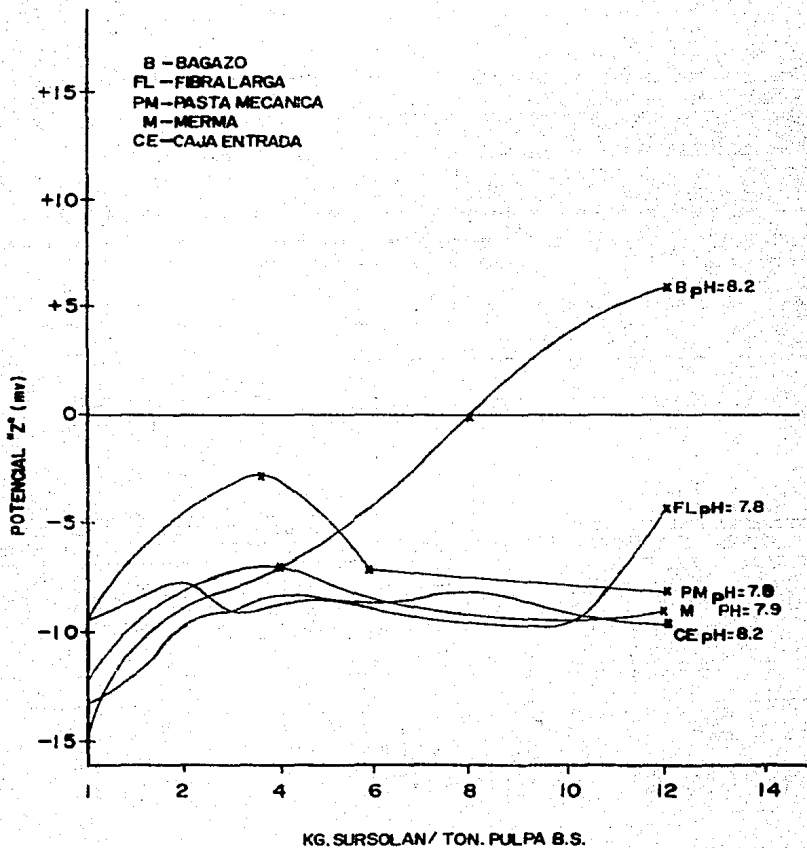
GRAFICA QUE REPRESENTA EL EFECTO DE UN TIPO PARTICULAR DE AGENTE DE RETENCION EN EL (ZP), SE MENCIONA SE MENCIONA SU NOMBRE COMERCIAL, POLIMIN SK, CON EL CUAL SE OBSERVA QUE AL AUMENTAR LA DOSIFICACION DE ESTE AUMENTA EL (ZP) DE LAS FIBRAS, EN ESPECIAL EL DE LA FIBRA LARGA Y EL DE LA MERMA.



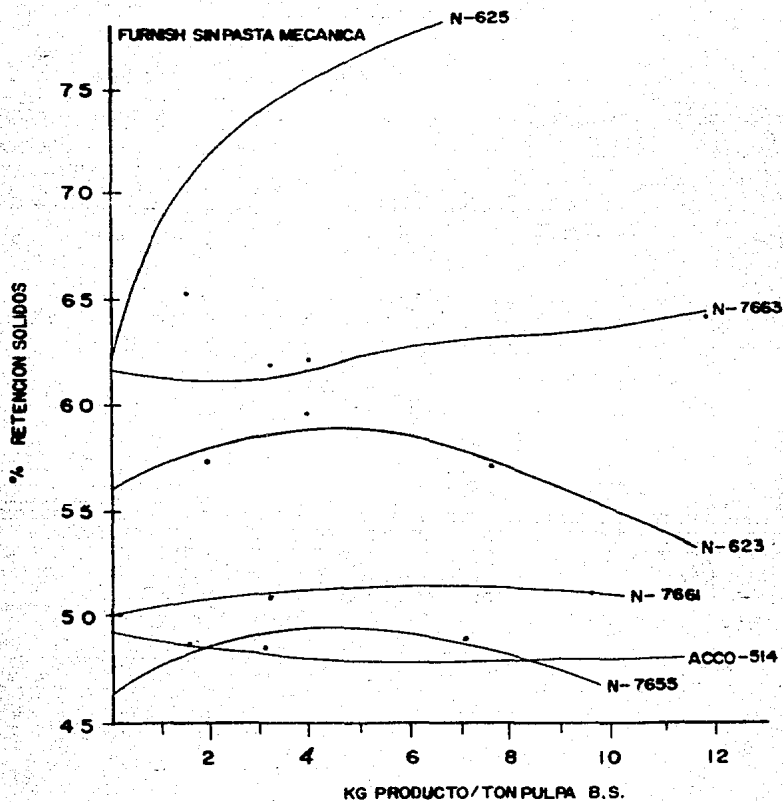
DE IGUAL MANERA QUE EN LA GRAFICA CON EL USO DEL AGENTE DE RETENCION ACCOSTRENGH 514 EL (ZP) DE LAS FIBRAS AUMENTA CONFORME AUMENTA LA DOSIFICACION DEL PRODUCTO.



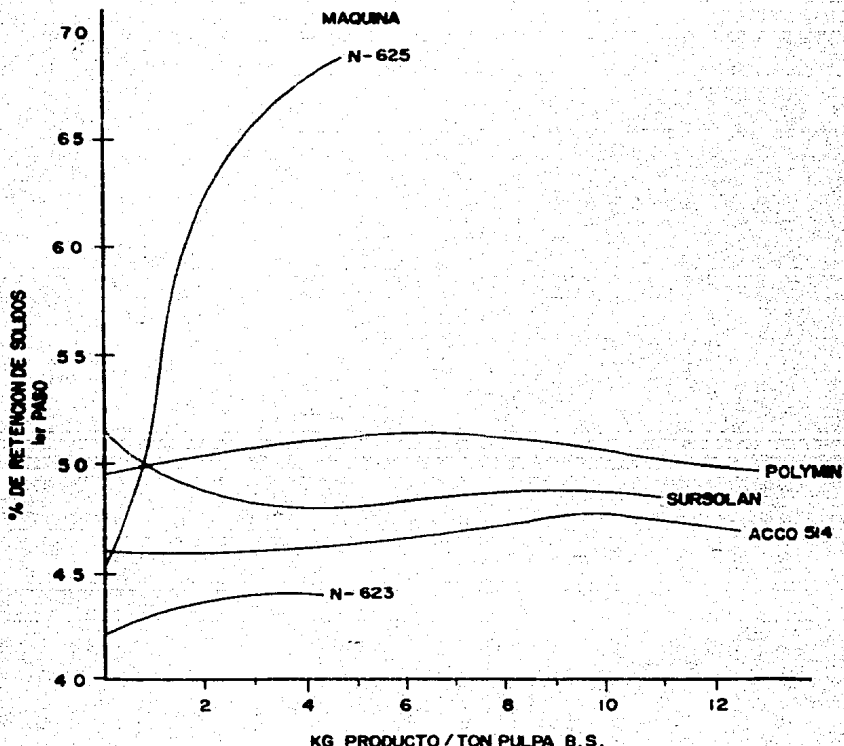
EFFECTOS DEL AGENTE DE RETENCION SURSOLAN K-12 EN LAS FIBRAS.



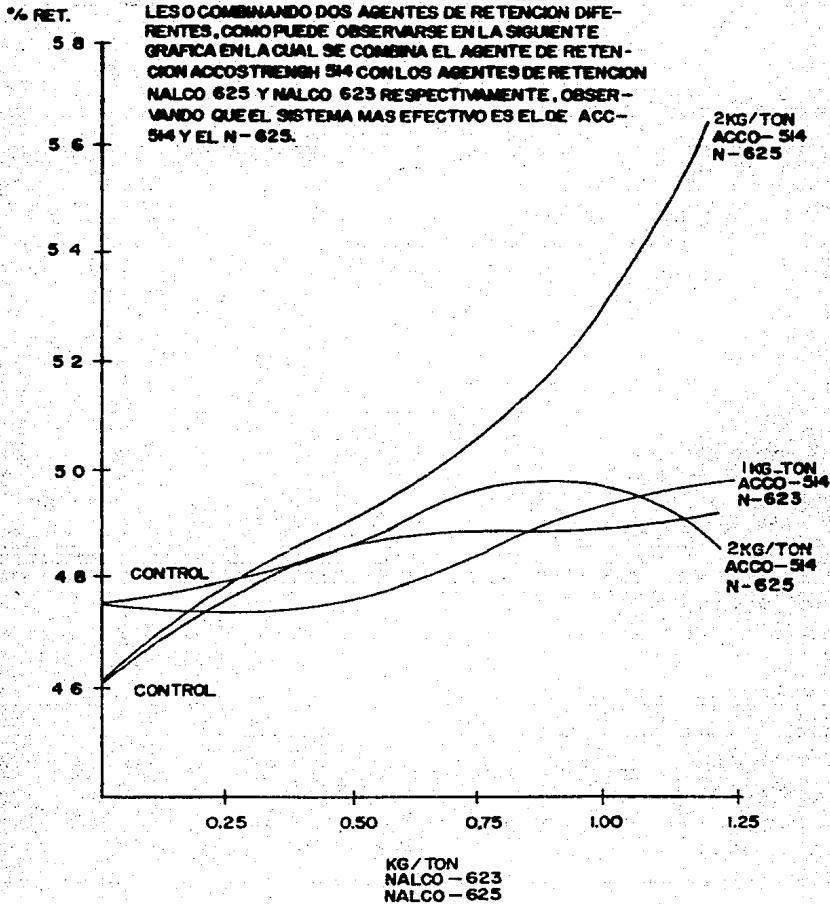
EXISTEN DIFERENTES POLIMEROS AGENTES DE RETENCION, EN ESTA GRAFICA SE MUESTRA UNA COMPARACION DE VARIOS DE ELLOS Y SU EFECTO EN CUANTO A RETENCION SE REFIERE OBSERVANDO DIFERENCIAS MUY MARCADAS EN SU COMPORTAMIENTO.



AL IGUAL QUE LA GRAFICA ANTERIOR SE PRESENTAN DIFERENTES AGENTES DE RETENCION Y SU EFECTO EN CUANTO A RETENCION TODO ESTO A NIVEL DE LABORATORIO.

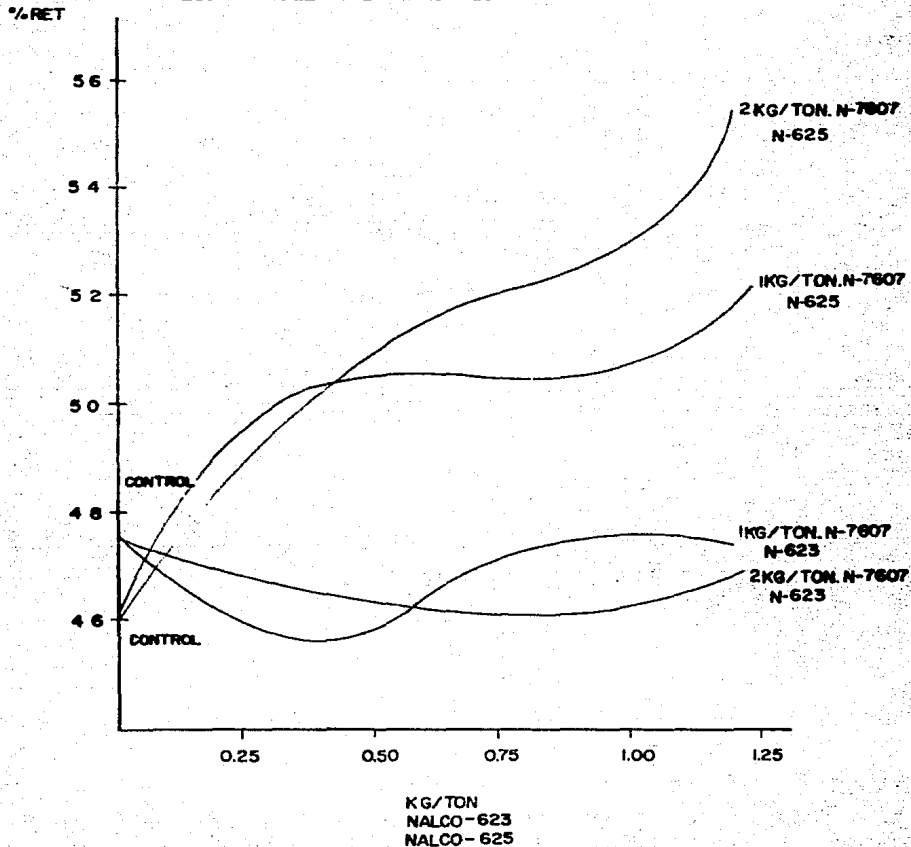


SE HAN ENCONTRADO COSAS MUY INTERESANTES AL REALIZAR PRUEBA DE RETENCION CON SISTEMAS DUALES O COMBINANDO DOS AGENTES DE RETENCION DIFERENTES, COMO PUEDE OBSERVARSE EN LA SIGUIENTE GRAFICA EN LA CUAL SE COMBINA EL AGENTE DE RETENCION ACCOSTRENSH 514 CON LOS AGENTES DE RETENCION NALCO 625 Y NALCO 623 RESPECTIVAMENTE, OBSERVANDO QUE EL SISTEMA MAS EFECTIVO ES EL DE ACC-514 Y EL N-625.



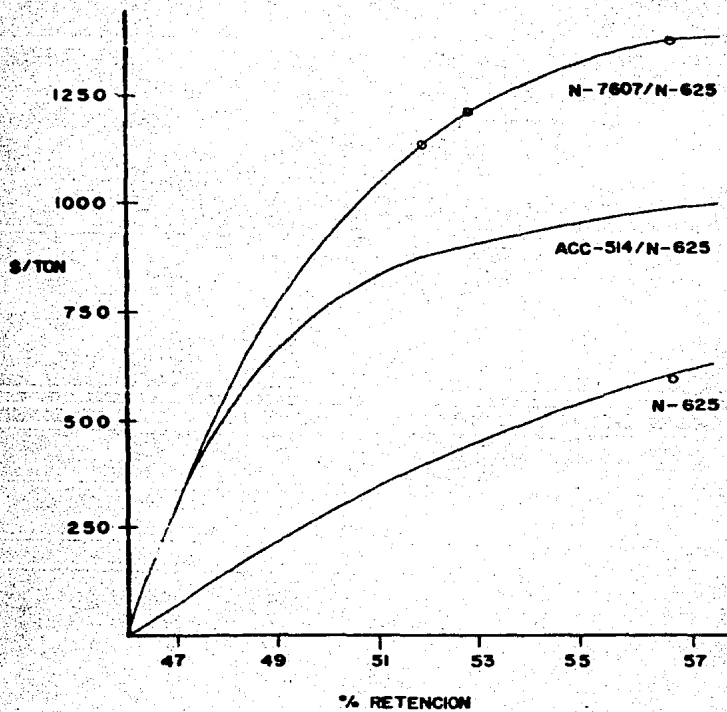


OTRO SISTEMA DUAL QUE SE UTILIZO EN EL LABORATORIO PARA PRUEBAS DE RETENCION, ES LA COMBINACION DEL ADITIVO NALCO 7607 CON EL NALCO 623 Y NALCO 625 RESPECTIVAMENTE. OBSERVANDO COMO EN LA GRAFICA ANTERIOR QUE EL SISTEMA CON EL NALCO 625 ES EL SISTEMA MAS EFECTIVO.



KG/TON  
NALCO-623  
NALCO-625

ES IMPORTANTE NO OLVIDAR EL ASPECTO ECONOMICO, EN ESTA GRAFICA SE MUESTRA UNA COMPARACION DE COSTOS DEL SISTEMA DUAL .VS. EL SISTEMA SENCILLO.



CAPITULO III

CONCEPTOS GENERALES DE SECADO Y TIPOS DE SECADORES

## CONCEPTOS GENERALES DE SECADO Y TIPO DE SECADORES

El término secado se refiere generalmente a la extracción de humedad de una sustancia. Se le aplica en forma tan vaga e inconsistente que para su tratamiento es necesaria cierta limitación en su significado. Por ejemplo, puede secarse un sólido húmedo como: madera, tela o papel por evaporación de la humedad, ya sea en una corriente gaseosa o sin la ayuda del gas para extraer vapor, pero la extracción mecánica de dicha humedad por la compresión o centrifugado comúnmente no se considera como secado. Puede secarse una solución pulverizándola en pequeñas gotas en un gas seco y caliente, lo que provoca la evaporación del líquido; pero no se considera -- normalmente una operación de secado la evaporación de la solución por ebullición sin la presencia del gas para extraer la humedad. Se puede secar un líquido tal como el benceno, de cualquier pequeña cantidad de agua que contenga por una operación que en realidad es una destilación, pero no se llama secado a la extracción de una pequeña cantidad de acetona por el mismo procedimiento. Mediante operaciones de absorción se pueden secar gases y líquidos que contengan pequeñas cantidades de agua. En este capítulo nos limitaremos a tratar sobre la extracción de humedad de sólidos por medio de la evaporación en una corriente gaseosa. En la práctica, frecuentemente la humedad es agua y comúnmente la humedad es agua y comúnmente el gas es aire.

Cuando se seca un sólido, se producen dos procesos fundamentales y simultáneos:

- 1).- Transmisión de calor para evaporar el líquido y
- 2).- Transferencia de masa en humedad interna y líquido evaporado.

Los factores que rigen la intensidad de cada uno de estos procesos son los que determinan la rapidez del proceso de secado. En las operaciones industriales de secado se utiliza la transmisión de calor por convección, conducción, radiación o una combinación de cualesquiera de estos mecanismos.

Los secadores industriales se distinguen principalmente por los métodos que emplean para transmitir el calor. Sin embargo, independientemente del secado del mecanismo de transmisión de calor, este tiene que pasar primero a la superficie exterior y desde ella al interior del sólido. La única excepción es el secado por electricidad de alta frecuencia que genera el calor internamente y, por consiguiente, produce una temperatura más elevada dentro del sólido que en su superficie; esto conduce a la circulación de calor desde el interior hasta la superficie exterior.

La masa se transfiere en el secado como: líquido o vapor, o como ambos, dentro del sólido y como vapor desde las superficies húmedas. El gradiente de concentración del líquido depende del mecanismo de circulación del líquido dentro del sólido. El estudio de cómo se seca un sólido puede basarse en el mecanismo interno de la circulación del líquido o en el efecto de condiciones externas de temperatura, humedad, ventilación, etc. sobre la velocidad de secado del sólido. El primer procedimiento representa un estudio fundamental de las condiciones internas. El segundo procedimiento, aunque menos fundamental, se emplea generalmente porque sus resultados tienen aplicación más inmediata.

La circulación interna del líquido se produce por diversos mecanismos según la estructura del sólido. Algunos de los mecanismos posibles son los siguientes: 1) Difusión en sólidos homogéneos continuos, 2) Circulación capilar en sólidos granulares y porosos, 3) Circulación producida por los gradientes de contracción y de presión, 4) Circulación causada por la gravedad y 5) Circulación originada por una sucesión de vaporizaciones y condensaciones. En general uno de dichos mecanismos predomina en un momento dado en un sólido durante su secado, y no es raro encontrar diferentes mecanismos predominando en distintos momentos durante un ciclo de secado.

El estudio de secado basado en los efectos de las variables externas es el método comúnmente empleado para investigar las características del secado de sólidos. Las principales variables externas en cualquier estudio de secado son: la temperatura, la humedad, la ventilación, el estado

de subdivisión del sólido, la agitación del mismo, el método para soportarlo y el contacto entre las superficies calientes y el sólido húmedo. No todas estas variables se presentan necesariamente en un mismo problema.

### Clasificación de los secadores.

Para clasificar secadores se emplean dos métodos. El primero se basa en las características y propiedades físicas del material húmedo, manejado es más apropiado para utilizarlo como guía en la selección de un grupo de secadores para su estudio preliminar en un problema dado de secado. El segundo método de clasificación se basa en el procedimiento para transmitir el calor al sólido húmedo y revela diferencias en el diseño y el funcionamiento de los secadores.

Se presenta un cuadro de clasificación basado en la transmisión del calor. Este cuadro clasifica los secadores en directos e indirectos, con subclases de continuos e intermitentes. Los secadores directos utilizan gases calientes en contacto directo con el sólido húmedo para suministrar el calor y arrastrar fuera el líquido vaporizado. Los secadores indirectos realizan el secado, transmitiendo calor a través de la pared que lo contiene al sólido húmedo, eliminándose el líquido vaporizado independientemente del medio calentador empleado.

Secadores directos.- A continuación damos las características generales del funcionamiento de los secadores directos: 1) El secado depende de la transmisión de calor al sólido húmedo desde un gas caliente, llevándose este último el líquido vaporizado, 2) Los gases calientes pueden ser aire calentado con vapor, productos de la combustión, un gas inerte o un vapor recalentado, 3) Las temperaturas de secado pueden llegar hasta  $760^{\circ}\text{C}$  que es el límite para la mayoría de los metales comúnmente empleados en la construcción. A las temperaturas más altas la radiación se convierte en una fuente de calor importante, 4) A temperaturas del gas inferiores al punto de ebullición, el contenido de vapor del gas influye sobre la intensidad de secado y sobre el contenido final de humedad del

sólido. Con temperaturas del gas superiores en todo momento al punto de ebullición, el contenido de vapor del gas ejerce sólo un ligero efecto retardador sobre la intensidad de secado y sobre el contenido final de humedad. Por consiguiente, los vapores recalentados del líquido que se elimina pueden utilizarse para el secado, 5) Para el secado a temperaturas bajas, quizá sea necesario deshumedecer el aire empleado para el secado cuando la humedad atmosférica sea excesivamente elevada, 6) Un secador directo consume tanto más combustible por kilogramo de agua evaporada cuando más bajo sea el contenido final de humedad. Análogamente, el costo de inversión aumenta señaladamente, 7) El rendimiento aumenta cuando se eleva la temperatura del gas entrante para una temperatura de salida constante.

Los secadores directos continuos suelen manejar más de 45 kg de producto seco por hora. Pueden no manejar más de 23 kg/hr cuando el contenido de humedad excede de 2 kg/de agua/kg de sólido seco. El rendimiento térmico total de los secadores continuos directos en los que el aire no es vuelto a calentar, o sea, recalentado entre la entrada y la salida, es, en función de las temperaturas terminales.

$$= \frac{(t_1 - t_2)}{(t_1 - t_a)} 100$$

en la cual = rendimiento térmico total en porcentaje;  $t_1$  = temperatura del gas a la entrada;  $t_2$  = temperatura reducida del gas producida solamente por la evaporación;  $t_a$  = temperatura del aire al penetrar en los calentadores. Esta ecuación compara la evaporación realmente obtenida con el calor total suministrado. El rendimiento evaporativo en un secador directo continuo sin ningún recalentamiento da la ecuación.

$$= \frac{(t_1 - t_2)}{(t_1 - t_s)} 100$$

en la cual  $\eta$  = rendimiento evaporativo  $t_s$  = temperatura de saturación adiabática del gas entrante. Esta expresión compara la evaporación real mente obtenida con la teóricamente posible.

Los secadores directos intermitentes se usan para bajas intensidades de producciones y para manejar productos de costo elevado que exigen manipulación especial. Se caracterizan por largos tiempos de secado (6 a 40 horas) y su funcionamiento inestable, pues tanto la temperatura del aire como la humedad, la temperatura del material y el contenido de la humedad varían continuamente con el transcurso del tiempo en una parte dada del secador. Los secadores directos intermitentes no secan uniforme mente, a menos que estén muy bien construidos desde el punto de vista de la separación entre las bandejas y la uniformidad de las corrientes del aire.



Todos los tipos de secadores empleados para producir un producto sólido seco partiendo de una alimentación con la sustancia húmeda.

#### SECADORES DIRECTOS

La transmisión del calor para el secado se realiza por contacto directo entre el sólido húmedo y los gases calientes: el líquido vaporizado es arrastrado y desalojado por el medio secador, es decir, por los gases calientes. Los secadores calientes podrían llamarse también secadores por convección.

#### SECADORES INFRARROJOS POR CALOR RADIANTE SECADORES DIELECTRICOS

El funcionamiento de los secadores por calor radiante depende de la generación, transmisión y absorción de los rayos infrarrojos. Los secadores dieléctricos funcionan basándose en el principio de la producción del calor dentro del sólido que se coloca como dieléctrico en un campo eléctrico de alta frecuencia.

#### CONTINUOS

Su funcionamiento continua sin interrupción mientras se suministra la alimentación o material húmedo. Es evidente que cualquier secador continuo puede funcionar intermitentemente si se desea.

#### INTERMITENTES

Secadores proyectados o diseñados para tratar cargas de magnitud concreta del material húmedo en ciclos de duración determinada. En los secadores intermitentes o por cargas, las condiciones de temperatura y contenido de humedad varían continuamente de punto a punto del secador.

#### CONTINUOS

Se realiza el secado haciendo pasar el material por el secador continuamente y en contacto con una superficie caliente.

#### TIPOS DE SECADORES CONTINUOS

- 1.- Secadores continuos de bandejas como el de correa o banda metálica continua, el de bandejas vibrantes que utiliza gases calientes y los turbossecadores verticales.
- 2.- Secadores continuos de material en hoja o lámpara se pase por el secador una lámina continua del material ya formando con ella bucles o festones o bien trenzando o traccionándola en una armazón con clavija.
- 3.- Secadores transportadores neumáticos. En este tipo se realiza frecuentemente el secado en combinación con la molienda. El material se transporta a altas temperaturas y los gases fluyen a gran velocidad hasta un colector de ciclón.
- 4.- Secadores rotativos. El material es transportado al espacio dentro de un cilindro giratorio en el que circulan los gases calientes.
- 5.- Secadores de Rociada o Pulverización. La alimentación del secador o material que se seca tiene que poder atomizarse o pulverizarse en un disco centrifugador o una tobera.
- 6.- Secadores de circulación atravesadora. Se sostiene el material sobre un tamiz transportador con cuyo tamiz hace pasar el calor cuando su espesor es de 1 a 2 cm.
- 7.- Secadores de túnel. Se mueve el material sobre carretillas que giran en un túnel en el que se pone en contacto con gases calientes.

#### TIPOS DIRECTOS INTERMITENTES

1. Secadores intermitentes de circulación atravesadora. Se mantiene el material sobre bandejas con fondo de tamiz y se sopla a través de el aire caliente.
2. Transportadores de bandejas y compartimentos. El material se coloca sobre bandejas que pueden ir o no sobre carretillas móviles. El aire se sopla sobre a lo largo del material en las bandejas.

- 1.- Secadores de cilindro para láminas u hojas continuas como papel, celofán, piezas de tejido, etc. Los cilindros se calientan generalmente con vapor de agua y giran.
- 2.- Secadores de tambor. Estos se calientan con vapor o bien con agua caliente.
- 3.- Secadores con transportador de tornillo sin fin. Aunque estos secadores son continuos, es factible su funcionamiento con vacío. Es posible la recuperación del disolvente con el secado.
- 4.- Secadores rotativos de tubos con vapor. Puede utilizarse vapor o agua caliente. Es factible su funcionamiento a ligera presión negativa para permitir la recuperación del disolvente, si se desea con el secado.
- 5.- Secadores de bandejas vibrantes. Se realiza la calefacción por medio de vapor o agua caliente.
- 6.- Tipos especiales. Como una banda continua de tejido que se mueve en estrecho contacto con una platina calentada por vapor. El material que se seca se coloca sobre la banda y recibe el calor por contacto.

Todos los tipos de secadores empleados para producir un producto sólido seco partiendo de una alimentación con la sustancia húmeda.

#### SECADORES INFRARROJOS POR CALOR RADIANTE SECADORES DIELECTRICOS

El funcionamiento de los secadores por calor radiante depende de la emisión, transmisión y absorción de los rayos infrarrojos. Los secadores dielectricos funcionan basándose en el principio de producción del calor dentro del sólido que se coloca como material en un campo eléctrico de alta frecuencia.

#### CONTINUOS

Se realiza el secado haciendo pasar el material por el secador continuamente y en contacto con una superficie caliente.

1.- Secadores de cilindro para láminas u hojas continuas como papel, celofán, piezas de tejido, etc. Los cilindros se calientan generalmente con vapor de agua y giran.

2.- Secadores de tambor. Estos se calientan con vapor o bien con agua caliente.

3.- Secadores con transportador de tornillo sin fin. Aunque estos secadores son continuos, es factible su funcionamiento con vacío. Es posible la recuperación del disolvente con el secado.

4.- Secadores rotativos de tubos con vapor. Puede utilizarse vapor o agua caliente. Es factible su funcionamiento a ligera presión negativa para permitir la recuperación del disolvente, si se desea con el secado.

5.- Secadores de bandejas vibrantes. Se realiza la calefacción por medio de vapor o agua caliente.

6.- Tipos especiales. Como una banda continua de tejido que se mueve en estrecho contacto con una platina calentada por vapor. El material que se seca se coloca sobre la banda y recibe el calor por contacto.

#### SECADORES INDIRECTOS

El calor para el secado se transmite al sólido húmedo a través de las paredes que lo separan del medio calentador. El líquido vaporizado se desaloja independientemente del medio calentador. La intensidad del secado depende del contacto del material húmedo con las superficies calientes. Los secadores indirectos podrían llamarse también secadores por conducción o de contacto.

#### INTERMITENTES

Los secadores indirectos intermitentes se adaptan bien, por lo general, al funcionamiento en vacío, se subdividen en los tipos con agitación y sin agitación.

1.- Secadores de pailas con agitación. Pueden funcionar a la presión atmosférica o en vacío y manipular pequeñas producciones de casi cualquier forma de sólidos húmedos, por ejemplo, papillas, pastas o sólidos granulares.

2.- Secadores por congelación. El material se congela previamente al secado, y luego se realiza éste en el estado congelado bajo un alto vacío.

3.- Secadores rotativos con vacío. El material se agita en una envolvente fija horizontal. No siempre es necesario el vacío. Además de la envolvente puede calentarse el agitador con vapor.

4.- Secadores de bandejas o anaqueles con vacío. La calefacción se verifica por contacto con anaqueles calentados por vapor o agua caliente, sobre los cuales se coloca el material. No interviene agitación.

## Secadores indirectos.

Los secadores indirectos se diferencian de los directos desde el doble punto de vista de la transmisión del calor y la eliminación del vapor. Sus características generales de funcionamiento son las siguientes: 1) El calor se transmite al material húmedo por conducción a través de una pared maciza, por lo general metálica. La fuente de calor puede ser vapor que se condensa, agua caliente, gases de combustión, sales derretidas transmisoras de calor, aceite caliente, electricidad, etc. 2) Las temperaturas superficiales pueden variar entre temperaturas inferiores a la de congelación del agua en el caso de los secadores de estado congelado y 540°C, en el caso de los secadores rotativos indirectos calentados por combustión directa, 3) Los secadores indirectos son apropiados para el secado a presiones reducidas y en atmósferas inertes para permitir la recuperación de los disolventes e impedir la producción de mezclas explosivas o la oxidación de materiales descomponibles fácilmente, 4) Los secadores indirectos que utilizan vapor condensables son por lo general económicos desde el punto de vista del consumo de calor, ya que sólo suministran calor en proporción a la demanda del material secado. Sin embargo, su rendimiento disminuye cuando baja el contenido final de humedad en el material a secar, 5) La recuperación de polvos y materiales pulvulentos se hace más fácilmente en los secadores indirectos, 6) Los secadores indirectos pueden utilizar algún método de agitación para asegurar un buen contacto en la superficie del metal caliente y eliminar gradientes de humedad en la carga, los secadores indirectos continuos se manejan por lo general con mayor economía que los directos. Los secadores indirectos continuos pueden trabajar a veces a presiones inferiores a la atmosférica, esta característica permite realizar el secado continuo y la recuperación de solventes. Los secadores indirectos intermitentes son apropiados para evaporar y secar dispersiones o soluciones para secar pastas, sólidos granulados y para el secado al alto vacío.

Secadores infrarrojos y dieléctricos. Los secadores infrarrojos se basan en la transferencia de energía radiante para evaporar la humedad. Esta energía se produce eléctricamente o por medio de refractarios incandescentes calentados con gas, este último método tiene la ventaja adicional del calentamiento por convección. El calentamiento infrarrojo no ha encontrado mucha aplicación en las industrias químicas para eliminar la humedad. Su empleo principal es el secado de películas de pinturas y el calentamiento de capas delgadas de materiales.

Secadores dieléctricos: Estos no han encontrado aún mucha aplicación. Su característica principal de engendrar el calor en el interior de un sólido indica posibilidades futuras para el secado de grandes -- objetos macizos como: madera, productos cerámicos, objetos de caucho esponjoso, etc.

#### SISTEMA YANKEE-CAMPANA.

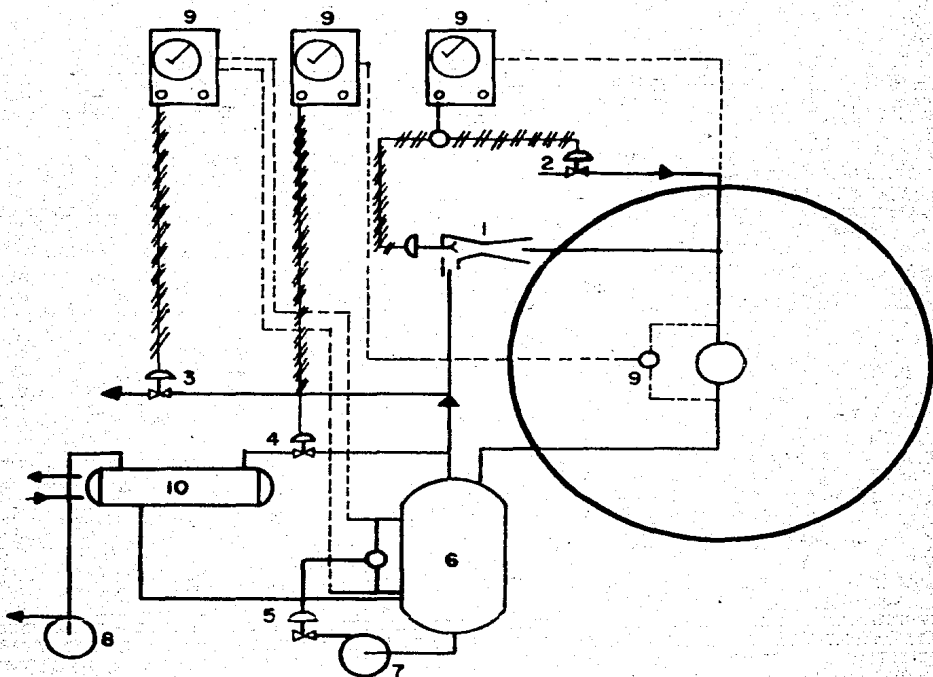
##### Secador Yankee.

El papel ligero, procedente de una tela fourdrinier y de la sección prensas, para secarse se sujeta sobre un solo 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 alta mente 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 kg, 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 la mecc nica. Esta energía (en forma de calor) aumenta la energía cinética de las moléculas de agua, permitiendo que éstas se liberen de la hoja de papel, y suministrando ventilación, se remueven los vapores liberados de la hoja.

La superficie de secado de un Yankee proporciona el uso más económico de energía térmica que se tiene disponible. Cualquier cantidad de valor que pasa a través de la pared es absorbido por el agua de la hoja para su evaporación o secado y en menor grado por las fibras. El proceso no es 100% eficiente debido a que hay pérdidas de calor por las tapas del secador, la sección de la concha expuesta entre la cuchilla de crepado, el rodillo de presión y por el fieltro y agua en el "nip" del rodillo de presión. Desde el punto de vista global, la operación incorrecta o diseño del sistema de vapor y condensado del yankee podría contribuir a un consumo elevado de energía térmica. La eficiencia de secado en cualquier secador yankee está gobernada por la película de condensado dentro de la pared, de la conductividad térmica del material, ya sea que la pared tenga ranuras o sea plana junto con la temperatura de vapor en el secador y la temperatura en la superficie.

El mantener una película uniforme y mínima en la parte interior de la pared, depende de una buena secarga del condensado. Un mínimo de exceso de vapor (blowthrough) controlado por una presión diferencial, boquillas o popotes tapados, falta de un claro uniforme entre las boquillas de condensado y la pared, y un claro mayor que el requerido a la pared puede afectar el espesor de la película de condensado. Un sistema de cabezal múltiple de popotes es más eficiente que un sistema de cabezal doble para mantener una película delgada y uniforme de condensado. Usando una pared con ranura aumenta sustancialmente la capacidad de secado de un yankee, lo único que limite su uso en algunas máquinas ya en operación es el espacio entre columnas. Una pared con ranuras tiene que ser más ancha para un ancho de hoja determinado para acomodar los esfuerzos en la pared cerca de las tapas.



**EQUIPO CONVENCIONAL Y ACCESORIOS EN UN SECADOR "YANKEE"**

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 1— Termo-compresor automático.                | 6— Tanque de Condensados. |
| 2— Válvula Reguladora de presión de Vapor     | 7— Bomba de Condensados.  |
| 3— Válvula de Descarga de vapor y gases.      | 8— Bomba de vacío         |
| 4— Válvula de Control de presión Diferencial  | 9— Instrumentos.          |
| 5— Controlador y Válvula de Control de Nivel. | 10— Condensador.          |

## CAMPANA DE SECADO

Para remover las grandes cantidades de vapor de agua involucradas 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 dá uniformidad de secado.

Para cualquier parte de la hoja, la transferencia de masa debe estar en balance dinámico con la transferencia de calor, si, 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 secado. A través de los años, las velocidades de secado han aumentado, por lo que se vio 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.

Las campanas de sistema de alta velocidad, alta temperatura, además de minimizar la película de vapor en la hoja y transportar la humedad, contribuye también con una considerable participación en el proceso de secado. Estas campanas dependiendo de su diseño, se pueden operar a una velocidad tan alta como 25000 fpm, de chorro de aire contra la hoja y a temperatura tan altas como de 850-099°F. En algunos casos la campana contribuye con más de la mitad de la capacidad de secado de la sección del yankee. Desde el punto de vista de la eficiencia térmica la campana de alta velocidad, alta temperatura es menos eficiente que el secado por conducción del yankee. Sobre esta base donde la fuer

te de secado es arbitraria el yankee debe usarse a toda su capacidad dentro de los límites de propiedades satisfactorias de la hoja y sus requerimientos de secado.

Aún cuando las campanas de alta velocidad, alta temperatura dependen tanto de la temperatura de aire como de la velocidad para producir el secado, el efecto debido a la temperatura es más eficiente que el debido a la velocidad. Si se requiere una campana de secado limitado, es mejor lograrlo con aire de alta temperatura, reduciendo la velocidad cerrando las mamparas de suministro. Ya que las necesidades de secado en cada máquina caen generalmente dentro de un rango limitado, el empleo frecuente de este método no es requerido. 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 está 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 el arreglo de las boquillas de aire, por ejemplo estas pueden ser en forma de ranuras de 0.076 centímetros de ancho a 2.54 cm de espaciamiento o de orificios de los cuales se estableció que dan del 25 al 40% en mayor transferencia de calor que las ranuras. Entre mayor sea el número de boquillas en un



area 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 bajo, 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 a 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 aumenta, y la eficiencia en el secador se incrementa considerablemente.

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.

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 temperatura en rangos mayores. Anulizando 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 permanece cerrado durante la operación, se tiene 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 se está alimentan-

do 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 desiendo sin detrimento de 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 mínimo.

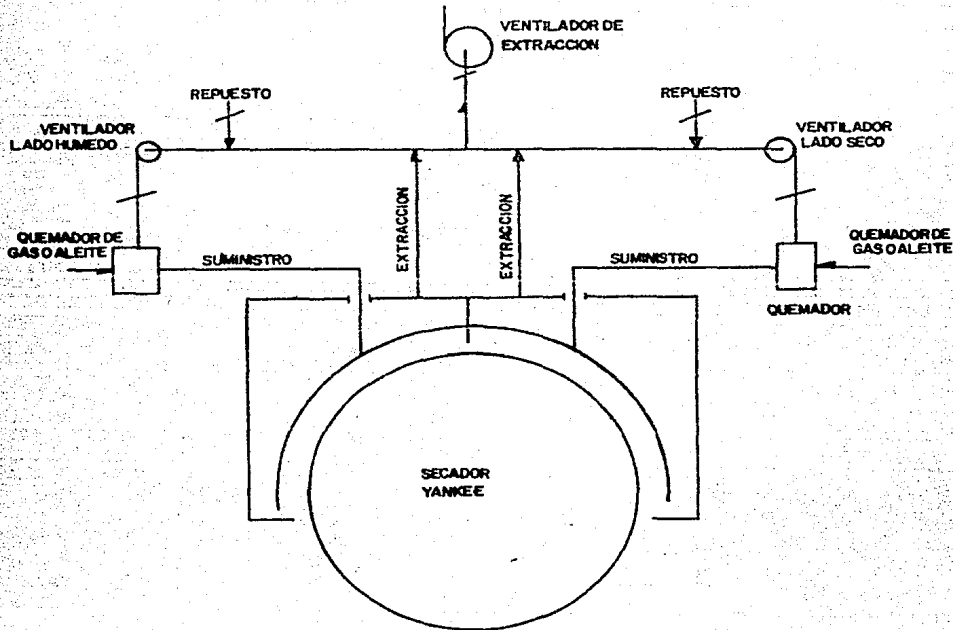


DIAGRAMA TÍPICO DE CAMPANA CON FLUJO DE ALTA VELOCIDAD.

### Como se efectua el secado de una hoja de 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 se pueda, ya que las variaciones de humedad, en dirección o a través de máquina, contribuyen a una gran cantidad de defectos, tales como perfiles no uniformes a todo lo ancho del rollo, rollos arrugados, variación en diámetro y densidad dispereja en las bobinas.

El secado a altas temperaturas se dio de la necesidad de tener procesos continuos en la fabricación de papel, ya que antiguamente para -- remover la humedad de la hoja de papel, se realizaba de una manera in-- termitente, la continuidad en el proceso se logro al emplear secadores-- cilindricos giratorios calientes, se incremento la velocidad de secado, consecuentemente el secado se hizo continuo, y el secado dejó de ser el cuello de botella en la fabricación de papel.

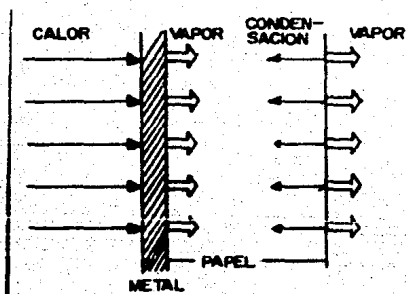
En una operación diaria en una máquina de papel, el costo de secado se incrementa conforme sea mayor el contenido de humedad en la hoja del papel antes de llegar a la sección de secado de la máquina, para minimizar este costo, es esencial que la sección de prensado se mantenga operando a la máxima eficiencia posible.

En el secado de una hoja de papel, dos procesos físicos básicos es tdn involucrados, como se mencionó anteriormente:

- 1). Transferencia de calor: el calor es transferido de alguna fuente - (vapor) a la hoja húmeda, a fin de suministrar la energía requer ida para sacar la humedad de la hoja de papel.
- 2). Transferencia de masa: la humedad se evapora y es transferida de la hoja de papel a la atmósfera circundante.

La transferencia de calor en el papel consiste básicamente de vaporización-difusión-condensación.

Cuando al papel se le pone en contacto con una superficie caliente se fuerza la salida del vapor hacia las partes más frías del papel. El vapor entonces se condensa parcialmente, liberando calor y el agua es jalada nuevamente por fuerzas capilares a las áreas más secas que se encuentran cerca de la superficie caliente. Entonces se repite el proceso, que provoca que mayor número de partes distantes de la hoja de papel se caliente, de tal forma que eventualmente empieza a salir vapor de la superficie de la hoja de papel.



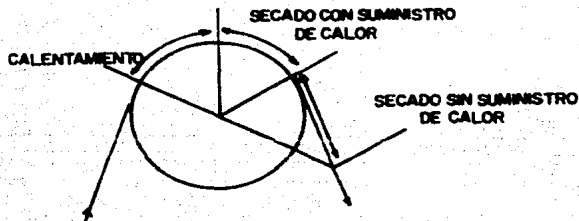
Si se tratara de acelerar el proceso, las fuerzas capilares, pudieran no tener tiempo de absorber nuevamente el agua. Entonces se forma una capa delgada cerca del cilindro del secador, el cual se seca tanto que baja demasiado su conductividad térmica y para el secado. El resultado es un papel con un lado seco y un lado mojado.

La trama del papel lo seca. Se mantiene una diferencia en la presión del vapor entre el papel y al aire que lo rodea, mientras la presión de vapor del agua en la trama sea más alta que la presión parcial del vapor del agua en el aire que lo rodea, podrá eliminarse el agua del papel. Debe recordarse que la diferencia en la presión de vapor, no la diferencia en tem

peratura, es la fuerza impulsora para el proceso de secado. Un secador que ha sido construido para tener una buena transferencia de calor pero que no reúne los requisitos para tener una buena ventilación, no podrá secar en forma eficaz la trama del papel, solamente la calentará:

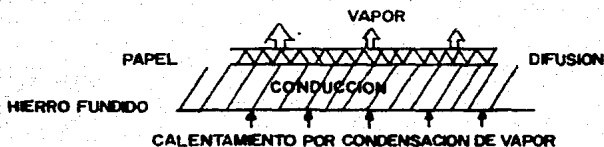
Después de la fase inicial de calentamiento, sigue un período de temperatura constante, en el cual se alcanza un equilibrio entre el calor suministrado y el calor eliminado por medio del vapor del agua. Después de un tiempo suficientemente largo. La temperatura de la hoja de papel alcanza la temperatura de la superficie caliente. Con calentamiento en ambos lados, ambas superficies se secarán sumamente rápido, mientras que el centro se secará más lentamente. Con calentamiento de uno solo de los lados, el lado caliente se seca primero, después el centro y finalmente las capas exteriores.

El proceso de secado en un cilindro normalmente se divide en tres fases:



En la primera fase, se calienta el papel, pero hay muy poca evaporación. Cuando la temperatura del papel ha aumentado lo suficiente, comienza la segunda fase, el vapor de agua es transportado en cantidades considerables del papel al aire que lo rodea. La tercera fase comienza donde la hoja de papel sale de la superficie del cilindro del secador y entonces es secado por congelación.

El secado por contacto se lleva a cabo de la siguiente forma:

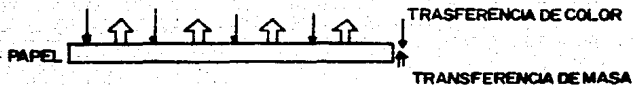


La trama de papel se transporta sobre el cilindro de hierro fundido calentado a vapor, contra el cual se prensa el papel por medio de prensas, el vapor saturado se alimenta entonces al cilindro. El vapor se condensa en la superficie interior del cilindro, dando como resultado un alto coeficiente de transferencia de calor. No resulta el sobrecalentar el vapor para aumentar la capacidad de secado, ya que el coeficiente de alta transferencia de calor es el resultado solamente del calor latente liberado por la condensación del vapor.

Del interior del cilindro, se conduce el calor al papel a través de la pared de hierro fundido, presionándolo contra el cilindro del secador. Cuando se calienta el papel, aumenta la presión de vapor en el papel, por lo cual se esparce la humedad en el aire que lo rodea, el cual tiene una presión de vapor inferior. Entonces se suministra calor a un lado del papel y la humedad se elimina del otro lado, la transferencia termina y la transferencia neta de masa (evaporación) proceden en la misma dirección. La fuerza impulsora para el secado es la diferencia en presión de vapor entre la trama y sus alrededores no la temperatura o la diferencia en temperaturas. Por lo tanto, es extremadamente importante que exista una buena ventilación alrededor del secador, de tal forma que la presión parcial de vapor de agua en el aire se mantenga lo suficientemente baja.

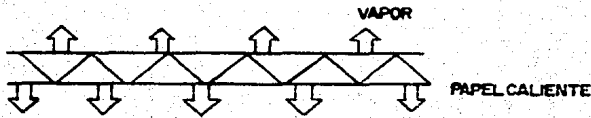
Secado por convección implica el suministro de calor a la trama de papel por secado por aire, aire caliente o productos de combustión gaseosa contra el papel. Se obtiene un secado rápido y eficiente si el aire se sopla a alta

presión, en chorros angostos bien dirigidos.



Una complicación, en comparación con el secado por contacto, es que la transferencia térmica debe proceder en dirección opuesta a la de la transferencia de masa. En la práctica, en forma alterna se utilizan boquillas de soplado y canales de succión, colocados de tal forma que eviten interferencias entre el medio de secado y el vapor del agua evaporada, lo más lejos posible.

Secado por congelamiento (o secado instantáneo) se usa para indicar la evaporación que se presenta cuando el material calentado despidе (flashea) -- humedad al medio ambiente, utilizando su energía térmica almacenada.



CAPITULO IV

DETERMINACION DE CAPACIDAD DE SECADO ANALISIS DE

COSTO.



## CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE SECADO EN UNA MÁQUINA DE PAPEL DOMÉSTICO

Quien conozca la industria papelera, sabrá que en dicha industria el consumo de energéticos, llámense éstos, energía eléctrica, vapor, gas, así como el consumo de agua, es extremadamente alto, a tal grado de poder -- mantener pequeñas comunidades de habitantes con el consumo de estos mis mos de una manera desahogada.

No sólo el alto consumo de éstos inquieta a las empresas, ya que altos - consumos de energéticos, significan altos costos por los mismos conceptos pero la razón más preocupante de esto es que las autoridades ya sea municipales, estatales, etc., restringen más su uso para poder suministrar a las ciudades que cada vez crecen más.

De esta forma, esta industria enfrenta un problema muy grande, ya que tie ne que encontrar la forma de utilizar racionalmente el consumo de dichos- insumos, así como el consumo de celulosa. En este caso en particular, para la celulosa se cuenta con programas completos para su control. Desde su - recepción en bodegas, así como el suministro de los almacenes de materia - prima a las máquinas de papel en las cuales se cuenta con integradores pa - ra determinar la cantidad exacta que la máquina consume de celulosa y un - control absoluto en la pérdida de la misma, en cuanto a pérdidas en las -- aguas de deshecho, celulosa solubilizada, así como en forma de polvo. Todo este programa de control es sumamente importante y/o interesante ya que ha bla del no desperdicio de esta importante materia prima, desgraciadamente- este mismo control no existe para el consumo de agua, vapor, gas y energía eléctrica, ya que aunque se cuenta con integradores para determinar el con sumo de los mismos, éstos básicamente se utilizan para el pago de dichos - servicios, de esta manera no se cuenta con programa de control con los cu les se asegure un consumo óptimo.

El Ingeniero Químico como parte fundamental de su vida profesional tiene - como obligación el tratar de optimizar el proceso de fabricación de la in - dustria en la que se desempeña, siendo en este trabajo y particularizando- completamente, el caso de una máquina de papel doméstico, en la cual se -- tienen problemas por falta de capacidad de secado.

Es preocupante y razón por la cual de prestarle especial atención, el hecho de que a una máquina de las más modernas en su género, en toda América Latina y la cual está diseñada para producir a una velocidad máxima de 1676 m/min con una presión de vapor en su secador de 8.55 kg/cm<sup>2</sup> como máximo, así como una temperatura de campana de 900° F, esté produciendo a una velocidad máxima de 1350 mts/min, a una presión de vapor de 8.04 kg/m<sup>2</sup> y una temperatura de campana de 907°F, lo cual significa problemas con el secado de papel, razón por la cual se enfocó este trabajo al cálculo de la capacidad de secado de esta máquina de papel, una herramienta básica con la cual se cuenta para conocer los principios que rigen a la transferencia de energía en los procesos es, el balance de energía, balance por el cual determinamos la cantidad de energía necesaria para secar la hoja de papel, así como la energía suministrada para lograr lo anterior y tener conocimiento acerca de la eficiencia de este proceso de secado.

Un método que nos sirvió como base para alcanzar nuestros objetivos, fue el método científico, el cual tiene como fundamento el experimentar para corroborar. Recordando este método tenemos que los pasos que lo constituyen son: Observar: Con el cual detectamos los problemas de operación y la baja eficiencia de producción de la máquina de papel; Hipótesis: La cual se concibió en base a la falta de capacidad de secado, razón de la baja producción; Experimentación: En este punto, por un tiempo considerable se checkaron las condiciones de proceso, esto es las concentraciones (consistencias) de la fibra en cada punto del proceso de fabricación de papel, mezcla fibrosa, así como de todos los aditivos empleados, se realizó el levantamiento del equipo constituyente de la máquina, así como equipo auxiliar para la realización de los diagramas de flujo, se tomaron condiciones de operación de la máquina (velocidades Yankee, enrollador, presión de vapor en Yankee, temperatura de campana, presión de prensas, en sección de prensado, de presión de vacío en los diferentes puntos de la máquina, humedades de la hoja de papel en cada paso o sección de la máquina, consumos de vapor y gas por medio de integradores), en lo que respecta al sistema de vapor y condensado, se realizaron mediciones del condensado obtenido con respecto al vapor vivo suministrado a la máquina, así como se estuvieron variando las condiciones de operación en cuanto a la presión diferencial del secador. Así como la recirculación del vapor vivo al sistema, se realizaron mediciones en el interior del secador para conocer las características del mismo (liso, ranurado, tipo de ranura, espe--

son, etc), en lo que respecta a la campana de secado se tomaron las lecturas de temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, presiones estáticas y los flujos de aire en los diferentes ductos que constituyen el sistema; Corroboración de la Hipótesis: Realizando los balances de materia expresada en un diagrama de bloques, energía (campana-secador) así como el balance de materia de la campana y finalmente las conclusiones en las cuales se expresan los resultados alcanzados.

### DESCRIPCION DEL PROCESO

De acuerdo al diagrama de flujo, podemos separar la máquina en dos secciones: a) Preparación de pastas y b) Máquina de papel.

#### Preparación de Pastas:

Esta máquina fue diseñada para fabricar papel tissue, por lo que las materias primas utilizadas son: pulpa de bagazo blanqueado, celulosa craft-blanca (fibra larga), pasta mecánica y merma de papel, dentro del área de preparación de pastas para la máquina, se contará con un almacén de materia prima fibrosa que alojara a las pacas de la fibra anteriormente mencionada, para cada una de estas fibras, se contará con un sistema de abastecimiento y preparación antes de ser mezclados. Estos se describen a continuación:

Sistema de Pulpa de Bagazo Blanqueada. En este caso se cuenta con una planta donde se produce dicha pulpa y dentro de esta planta en el área correspondiente al departamento de blanqueo, se encuentra un tanque general de almacenamiento de pulpa blanca de bagazo, del cual se envía la pulpa, por medio de bombas, para ser utilizada en la máquina de papel, la alimentación es continua, procurando mantener el nivel constante, cuando ya se tenga bagazo en el tanque de almacenamiento, será enviado de este al tanque de mezcla, para mezclarla con los otros tipos de fibras. La línea utilizada para enviar la pulpa de bagazo, tiene instalado entre el espacio comprendido entre el tanque de almacenamiento y el de mezcla, un regulador de consistencia, con el cual se regulará ésta, en aquel a 4.0% para que en el de mezcla se tenga una consistencia de 3.5%. Esta misma línea tendrá también un medidor magnético con el cual se medirá el flujo de pasta, que pasa a través de él y para controlar el paso tendrá una válvula automática. Con estos dispositivos llegará al tanque de mezcla la cantidad de pulpa deseada, a la consistencia deseada.

Sistemas para las demás fibras. Un hidrapulper servirá exclusivamente para desfibrar las pacas de fibra larga, otro para pasta mecánica y otro para merma, las pacas serán alimentadas a dicho hidrapulper por medio de una tolva hidráulica. La capacidad del hidrapulper es de 800 Kg. por carga de pasta, la suspensión preparada tiene una consistencia de 4.0% una vez que dichas fibras hayan sido desfibradas en el hidrapulper, la suspensión se bombeará al tanque respectivo, en el cual deberá conservarse el nivel suficiente para alimentar el tanque de mezcla, con el propósito de que se mezclen entre sí, así como con la fibra de bagazo.

A diferencia de los hidrapulpers utilizados para el desfibrado de fibra larga y pasta mecánica, el correspondiente al sistema de merma, tiene colocado en la parte inferior un colector de impurezas pesadas. En la línea que comunica el tanque de almacenamiento de fibra con el tanque de mezcla, se cuenta con un regulador de consistencia, con el cual se controlará esta a un 3.5%, también en la misma línea, se tiene un depurador centrífugo para pasta espesa, el cual tiene como función separar piedras, tornillos, tuercas, clavos, alambre y otros objetos pesados que pudiera contener la pasta que se bombea. Inmediatamente después del depurador está instalada un refinador de discos (para el caso de F. Larga), con el cual se puede bajar el Freeness de la fibra, ajustándolo a los requerimientos de fabricación de papel y a las características físicas que deba tener. Para el caso de la pasta mecánica y merma, se cuenta con desfibradores para garantizar un buen desfibrado. Siguiendo con las líneas y antes de que cada una de las fibras entre al tanque de mezcla, se cuenta con un medidor magnético y una válvula automática, con el primero se medirá el flujo que llegue al tanque y con la segunda se controlará.

En el hidra de pasta mecánica, si se desea, se puede desfibrar también pulpa de bagazo blanca entarimada y la pasta, ya desfibrada es bombeada directamente al tanque de almacenamiento de pulpa de bagazo.

Tanque de Mezcla. Este tanque tiene como objetivo recibir las fibras que son mandadas del departamento de preparación de pasta, para lograr una mezcla homogénea de las fibras, así como de los diferentes aditivos empleados en la fabricación de papel, el tanque de mezcla cuenta con un agitador, así como con dos bombas, una de las cuales sirve para mandar la pulpa al tanque de máquina y la otra manda la fibra que alimenta al recuperador con una consistencia de 3.5%.

La razón de mandar fibra del tanque de mezcla al recuperador, es con el fin de formar un colchón en los filtros del recuperador y que los finos de fibra que contiene el  $H_2O$  que es mandada de la fosa couch al recuperador, se quedan en el colchón y así recuperar la mayor parte posible de finos de pasta.

La fibra en el tanque de mezcla tiene una consistencia de 3.5% y en la tubería entre el tanque de mezcla y de máquina se encuentra un regulador de consistencia que controla la pasta a un 3.0% de consistencia.

La pasta en el tanque de máquina es bombeada a la succión de la bomba fan-pump (bomba de abanico), la cual a su vez succiona agua del silo, la cual funciona como agua de dilución. La descarga de la fan-pump va a la entrada del depurador presurizado, en donde la pasta es depurada al pasar por una malla, en forma de cesta de acero inoxidable, mediante presión, en donde se quedan plásticos, piedras, clavos, alambres y objetos indeseables y van siendo retirados de la malla por medio de unas aletas giratorias ajustables el aceptado va directamente a la caja de entrada. El rechazo del depurador es pasado a una criba vibratoria en donde separa los objetos extraños de la pulpa que aún quedó en los rechazos para luego mandarla a la fosa couch.

#### Circuitos de Agua Blanca.

El circuito primario de agua blanca comprende el agua que circula en el silo y en la fosa couch. Del silo se alimenta la fan-pump, la cual succiona agua para dilución y alimenta parte al depurador presurizado, para después pasar la fibra a la caja de entrada.

De la fosa couch una bomba manda agua hacia el recuperador para filtrarla y separar los finos de pasta contenidos en ella. La reposición de agua para el silo y la fosa couch, se hace por medio de la fosa de telas, en donde se descarga el agua que se acumula en la charola selectora de agua del formador, esta fosa de telas al llenarse se reboza y el agua cae al silo y a la fosa couch. Al silo también se le proporciona agua y pasta por una recirculación de la caja de entrada, esto se hace con el fin de evitar fluctuaciones durante la alimentación a la misma. En la fosa couch descarga una línea que suministra agua del fieltro, rodillo pick-up y prensa succión.

El circuito secundario de agua blanca está formado por los tanques de agua clara y agua turbia, los cuales están divididos por una pared intermedia - la alimentación al tanque de agua clara está dada por agua de repuesto limpia filtrada (casos de emergencia) y por dos líneas de agua clara que vienen del recuperador, el tanque de agua clara se mantiene siempre lleno y - el sobreflujo de agua es pasado al tanque de agua turbia por arriba de la pared intermedia que está un poco baja, también el tanque de agua turbia - se abastece por una línea de agua turbia que viene del recuperador.

Del tanque de agua turbia, succiona una bomba y manda agua para dilución - en el proceso de fabricación del papel, del mismo tanque hay una derivación que lleva agua turbia al llenado del pulper seco, otra bomba conectada al tanque manda agua turbia para dilución en reguladores de consistencia, para darle a las fibras la consistencia requerida de 3.5%.

Del tanque de agua clara, una bomba succiona agua y la manda al recuperador por las regaderas que separan la pulpa de la malla del recuperador así como agua a las regaderas de las telas y fieltro, así como a las bombas de vacío (Agua de sello).

### Caja de Entrada.

Como mencionamos de la fan-pump se alimenta a la caja de entrada de la máquina, esta es una caja converflo para papel tissue, la cual fue desarrollada para alcanzar un alto grado de dispersión de fibras, dando como resultado una mejor formación de la hoja de papel, con una distribución de finos - más uniforme en todo el espesor de la misma. La caja converflo es una unidad hidráulica y no cuenta con cojines de aire o rodillos rectificadores. - la pasta sale de la fan-pump, con destino al colector cónico, un banco de tubos proporciona una distribución a todo lo ancho de la caja, el elemento converflo y la descarga a la sección de formación.

El formador de papel tissue de esta máquina es una Tipo Doble Tela, en la que se utiliza la caja converflo para obtener muy buena dispersión de fibras, con un flujo estable de pasta. Es muy importante el control de la - descarga del chorro, debido a que la hoja se forma muy rápidamente, ya que la longitud de formación es reducida. Por ello, es necesario contar con - una suspensión de fibra uniforme a todo lo ancho de la descarga. Igualmente, es vital que el chorro de pasta sea estable, pues la distancia entre - el labio y la zona de formación es de 10" a 16". El chorro de pasta, des-

carga ligeramente hacia arriba, sobre la línea de tangencia formada por la tela No. 1 de drenado y la tela No. 2 de transporte. Las telas presan la suspensión de fibra, la cual corre sobre el rodillo formador (que es un rodillo sólido). El rodillo formador soporta ambas telas y define el recorrido de la suspensión de fibra, hasta que las telas se separan. El diámetro mayor del rodillo formador, combinado con la tensión de la tela No. 1 crea la presión que ayuda al drenado, extrayendo el agua. Todo drenado inicial se realiza a través de la tela No. 1. La presión de drenado es directamente proporcional a la tensión de la tela No. 1 considerando el radio del rodillo formador. La hoja prensada sale del rodillo formador y pasa sobre una caja de succión de transferencia. La caja de transferencia opera con un vacío muy bajo de aproximadamente 6" de agua y transfiere la hoja a la tela No. 2. La tela No. 1 se separa de la hoja y de la tela No. 2, cuando la hoja pasa sobre la caja de transferencia. La hoja es acarreada sobre la tela No. 2 hasta que alcanza el rodillo -- (pick-up) del cual pasa al fieltro de la sección de prensas.

El agua removida durante el drenado inicial se recolecta en una charola, la cual sirve para dirigir el agua hacia la fosa de telas y silo.

#### Sección Prensado ó Fieltro.

La longitud del fieltro en operación es de 27.7mts, con un ancho de 3.70mts. además de la prensa de succión y el rodillo pick-up de succión, se tienen siete rodillos guta fieltro; uno de ellos es un rodillo tensor (situado en la parte superior, la longitud máxima del fieltro es de 28.17 mts. y la mínima de 25.20 mts.

Existen cinco regaderas para el lavado del fieltro y una de alta presión - que puede ser continua o intermitente, estas regaderas pueden ser alimentadas con agua fresca o blanca mediante dos cabezales, así como válvulas interconectadas a cada regadera, según sea necesario para una u otra agua.

Rodillo de Succión Pick-Up. El propósito del rodillo de succión pick-up - es transferir la hoja con seguridad de la tela de sección de formación al fieltro de la sección de prensas.

Prensado de succión. El propósito de la prensa de succión, así como de toda la sección de prensado es la de eliminar el mayor contenido de agua posible de la hoja de papel por acción mecánica así como con la ayuda de vacío. De la eficiencia de esta sección depende en gran parte la sección de secado.

Sección Secado. Se ha estimado que para que la hoja de papel esté seca, esta debe contener un 5-6% de humedad en el enrollador, el secador Yankee deberá aplicar calor a la hoja de papel de modo que por este medio se evapore el 70% del total del agua que contiene la hoja (esta información puede variar dependiendo de cada sistema estudiado, en este caso nos referimos a lo descrito más frecuentemente en la literatura), al entrar al mencionado secador, el otro 30% del agua en la hoja deberá ser evaporada por la aplicación de calor de la campana.

El secador Yankee es un cilindro de hierro fundido que gira impulsado por una transmisión con motor eléctrico. En sus tapas tiene del lado frente, entrada de vapor y en el extremo contrario tiene una salida de condensado. Para que el vapor se distribuya de modo uniforme en el interior del cilindro, existen unas boquillas distribuidas en forma uniforme y para que también la extracción de condensado y vapor residual sea uniforme, existen unos tubos pequeños distribuidos en la cara interior del Yankee, los cuales se conectan a cabezales de salidas de condensados.

El secado de papel por medio de la campana de Yankee, consiste en la evaporación de una parte del agua, contenida en la hoja de papel por medio de gas de combustible caliente aplicado al papel en la cara opuesta a la que hace contacto con el secador Yankee. El flujo de gas de combustión de la campana al papel se efectúa por medio de unas cajas exteriores a lo largo del secador Yankee, la extracción del gas húmedo que se obtiene después de que se ha quitado humedad al papel se efectúa por medio de la caja de la campana, este gas húmedo se arroja a la atmósfera o se hace recircular en forma controlada hacia el ducto de entrada del ventilador de suministro de modo de aprovechar su capacidad residual para absorber más humedad de la hoja de papel.

La campana del Yankee y sus ductos están contruidos de materiales resistentes al calor y a la corrosión del gas de combustión y además están cubiertos de un forro aislante térmico para evitar pérdidas de calor.



Enrollador.-Por último, el papel se enrolla en un enrollador que trabaja neumáticamente y este cuenta con un alimentador automático de núcleos, su diseño es tal que permite el control automático de la operación del enrollador, aunque para la mayoría de las operaciones puede controlarse, ya sea automáticamente o manualmente. Sin embargo, algunas de las operaciones del enrollador son solamente automáticas y tal es el caso de la carga y descarga de los ganchos -- de los brazos primarios y de la plataforma transversal que sirve como tope de centros. En el enrollador se realiza el cambio de rollo (núcleo) automáticamente cuando éste se llena.

Un sistema complementario en el proceso de fabricación de papel y de mayor importancia en el presente trabajo es el sistema de vapor y condensado. Este sistema comprende desde el cabezal de 250 psig hasta los tanques de flash y de condensación donde se separa el vapor del condensado en el primer caso y donde se condensa el vapor residual no utilizado por el termo-compresor. Se puede dividir este sistema en los siguientes elementos:

- a) Cabezal de 250 psig . Se cuenta con este cabezal, el cual está ubicado en el departamento de fuerza y vapor del cual se alimenta vapor a la máquina.
- b) Línea de Transmisión. Esta línea de transmisión tiene por objetivo conducir el vapor de 250 psig. desde el cabezal hasta el secador Yankee con pérdidas mínimas en presión y temperatura para obtener economía en la operación.
- c) Sistema de Calentamiento.- En lo concerniente a sistemas operativos, este sistema es el que se usa para el calentamiento inicial del secador Yankee y su operación es totalmente automática.
- d) Sistema de Relleno.- Este sistema consta únicamente de una válvula de control que nos sirve para dos propósitos, que son: 1. Funcionamiento normal de los demás sistemas como control de suministro de vapor al Yankee. 2. En caso de falla de alguno de los sistemas, además de su función de relleno, se puede utilizar para suplir la falta de cualquier sistema.
- e) Termo-Compresor. Es un dispositivo que aplicando las leyes del tubo de Venturi, transforma la energía de presión en energía de velocidad. Para crear un vacío y en esta forma succionar el vapor del tanque de expansión, y vuelve a transformar la energía de velocidad en energía de presión para alimentar al Yankee, siendo ésta la alimentación principal.
- f) Tanque de Expansión.- En este caso, se cuenta con el tanque que permite mediante un cambio de volumen, la separación de vapor del condensado que está saliendo del Yankee. De esta forma se pueden manejar ambos mediante el sistema de bombeo de condensado y alimentar al termo-compresor y al sistema de

condensación con el vapor en esta forma separado. Dicho tanque cuenta con un control de nivel y con un sistema de bombeo que manda los condensados a la sección de calderas y, por último.

- g) Sistema de Condensación. El sistema de condensación, junto con el tanque de expansión, constituyen los dos sistemas que manejan condensados y que en este caso reciben el vapor excedente, es decir, el vapor que no utiliza el termo-compresor para condensarlo en un cambiador de calor que recibe agua blanca como medio enfriante. También se tiene un tanque colector de condensados con su respectivo control de nivel (y su sistema de bombeo para transportar los condensados al departamento de fuerza y vapor).

## CARACTERISTICAS DEL EQUIPO

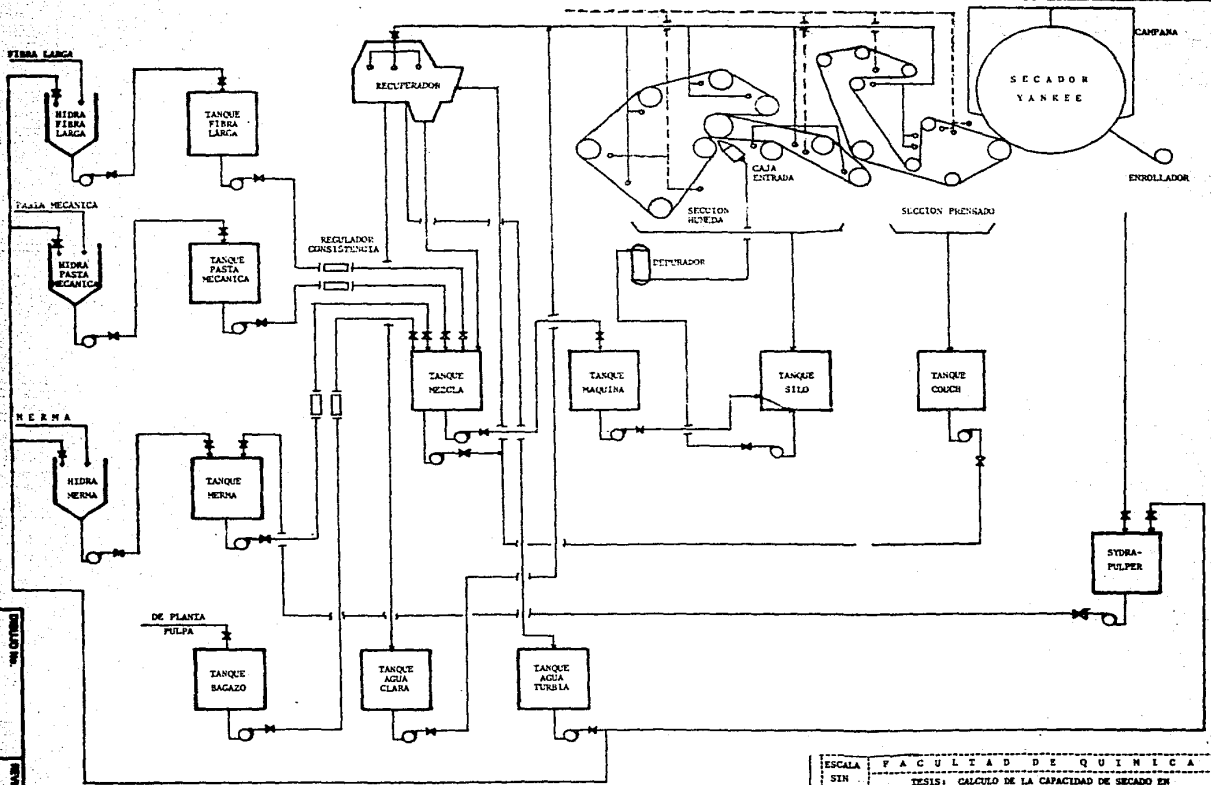
Dados los objetivos de este trabajo se dan exclusivamente las características de la máquina en general, ya que hacerlo por equipo sería tema para tratarlo en un trabajo independiente a este por la cantidad de información a manejar.

Características de operación, características físicas

Criterios de diseño

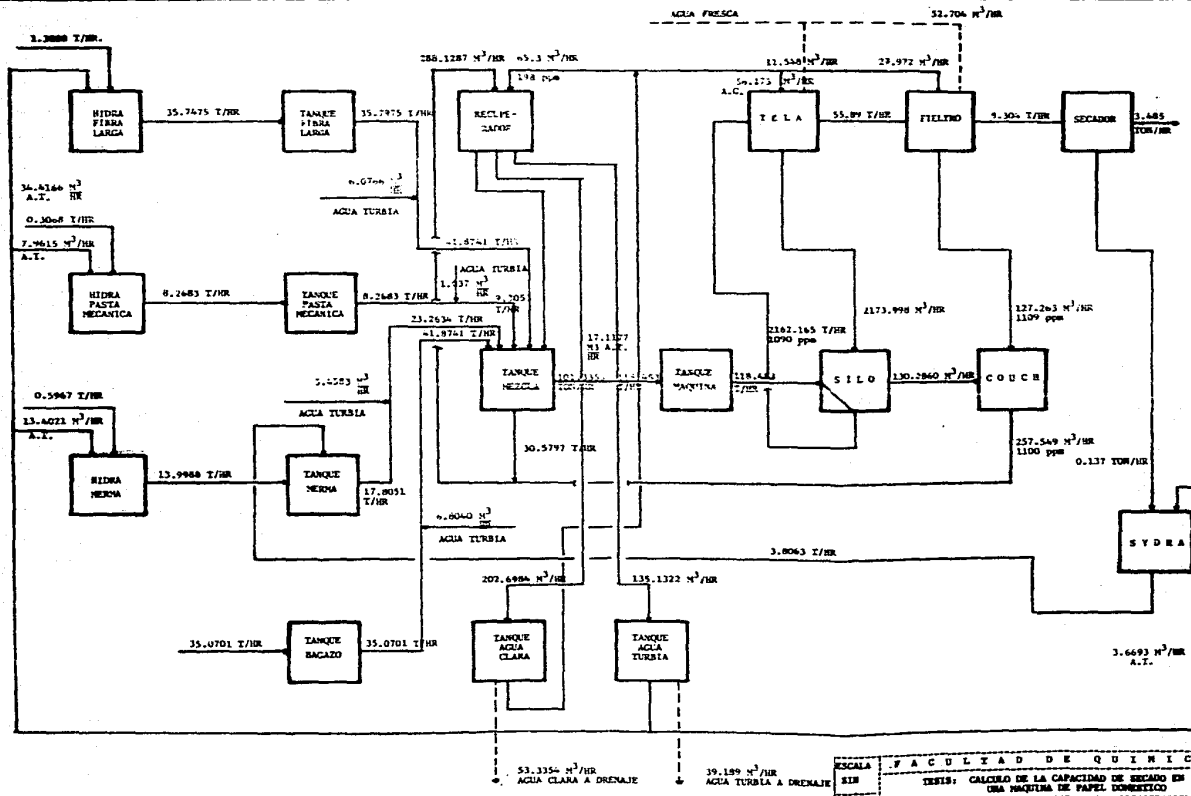
Máquina de papel

Mano de máquina	Izquierda
Velocidad de la máquina	1676 m/min
Tipo de papel	Tissue
Gramaje	15.5 g/m <sup>2</sup>
Ancho papel en el enrollador	3.30 mts.
Relación crepado	20.28%
Caja de entrada	Converflo
Formador	Doble tela
Sección Prensa	Con rodillo pick-up y prensa de succión.
Yankee ranurado	4.57 m. diámetro
Campana	482°C
Producción teórica	104 ton/día
Eficiencia	90%
Producción real	93 T/día
Consumo agua	46 m <sup>3</sup> /ton
Consumo gas	70 m <sup>3</sup> /ton
Consumo vapor	1.8 ton/ton
Consumo energía	1100 kwh/ton
Equipo auxiliar	
Sistema de vacío	Bombas Nash 4001
Sistema de vapor y condensado	
Preparación pastas	
Bagazo	36%
F. Larga	24%
P.mecánica	20%
Merma	20%



ESCALA  
 SIN  
 FECHA  
 1986

ESCALA	FACULTAD DE QUIMICA
SIN	TESIS: CALCULO DE LA CAPACIDAD DE SECADO EN UNA MAQUINA DE PAPEL DOMESTICO
FECHA	TITULO: DIAGRAMA DE FLUJO, MAQUINA PAPEL TESIS
1986	

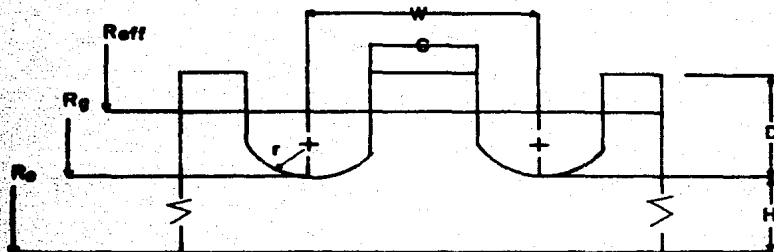


ESCALA	FACULTAD DE QUIMICA
SIN	TEMA: CALCULO DE LA CAPACIDAD DE SECADO EN UNA MAQUINA DE PAPEL DOMESTICO
FECHA	TITULO: BALANCE DE MATERIA
1986	

## BALANCE TERMICO YANKEE-CAMPANA

Para este trabajo en particular, se trata de un secador ranurado, con el cual comenzaremos calculando el espesor y radio efectivo.

Determinación del espesor efectivo y radio efectivo de un secador Yankee Ranurado



$$teff = R_0 - \left( R_G - D + \frac{[(W - C)(D - r) + \frac{\pi r^2}{2}]}{W} \right)$$

$$Reff = R_G - D + \frac{[(W - C)(D - r) + \frac{\pi r^2}{2}]}{W}$$

### Cálculo para Ranuras Torioidales

$A_R$  = ancho de ranura = 0.625 pulg.

$A_C$  = ancho de costilla = 0.625 pulg.

altura de costilla recta = 1.375" - 0.156" = 1.219"

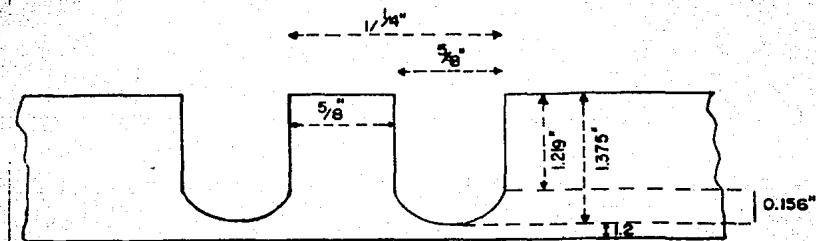
Base de ranura = Torioidesfera

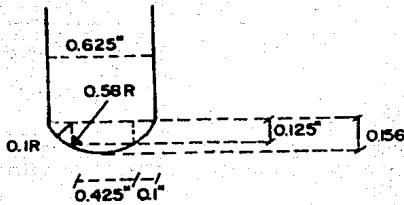
Altura promedio de la base = 0.125"

$r_1 = 0.18125"$

Ancho promedio de la base = 0.425"

$r_2 = 0.03125"$





$$R_o = 71.67'' \text{ radio total}$$

$$R_G = 70.47'' \text{ radio a la base de ranura}$$

$$w = 1.25'' \text{ ancho al centro de las ranuras}$$

$$C = 0.625'' \text{ ancho de la costilla}$$

$$x = 0.156'' (n)$$

$$D = 1.375'' \text{ espesor con ranura.}$$

$$R_{eff} = R_G - D + \frac{[(1.25 - 0.625)(1.375 - 0.156)]^2 \frac{(0.1)^2}{2} + (0.125)(0.425)}{1.25}$$

$$R_{eff} = 70.47 - 1.375 + 0.6646$$

$$R_{eff} = 69.760 \text{ pulg.}$$

$$t_{eff} = R_o - R_{eff} = 71.67 - 69.76 = 1.910 \text{ espesor efectivo}$$

Esta determinación del espesor efectivo no solo es útil para la realización del balance de energía. Con este se puede determinar la presión máxima a la que puede trabajar el secador yankee siguiendo las normas y standards -- de SME para recipientes a presión.

Máxima Presión de operación (ASME)

$$P = \frac{S.E.t}{R+0.6t} = \frac{(6000)(1)(1.910)}{69.76 + 0.6(1.910)}$$

$$P = 162 \text{ PSI} = 11.4 \text{ Kg/cm}^2$$

Normas Locales establecen que se debe trabajar por seguridad a un 25% abajo de la presión máxima por lo que en este caso, la válvula de seguridad de la presión de vapor al Yankee debe de calibrarse a  $8.55 \text{ Kg/cm}^2$ .

Cálculo de la calidad de Vapor.

$$1). \text{ Presión medida} = 8.04 \text{ Kg/cm}^2 = 114.32 \text{ lb/in}^2 \text{ en Yankee}$$

$$2). \text{ Temp. vapor} = 347.5^\circ\text{F} = 175.3^\circ\text{C}$$

$$\text{Temp. saturación del vapor a } (8.25 \text{ Kg/cm}^2) = 329.42^\circ\text{F} = 165.23^\circ\text{C}$$

$$\text{Volumen específico del vapor saturado, } \bar{V} = 3.671 \text{ pie}^3/\text{lb}$$

Se calcula el factor de compresibilidad (Z) a la presión del vapor ( $8.04 \text{ Kg/cm}^2$ )

$$Z = \frac{PV}{nRT} = \frac{(7.778 \text{ atm})(3.671 \text{ pie}^3/\text{lb})(18.016 \text{ lbs}/\text{lb mol})}{(1 \text{ lb/mol})(0.7302 \text{ pie}^3 - \text{atm})(789.42^\circ \text{ R})}$$

$$\text{lb mol}^\circ\text{R}$$

$$Z = 0.8924$$

$$\bar{V} = Z n R T = \frac{(0.8924)(0.7302 \frac{\text{pie}^3 \cdot \text{atm}}{\text{lb mol}^\circ \text{R}})(789.42^\circ \text{ R})}{(7.778 \text{ atm})(18.016 \frac{\text{lbs}}{\text{lb mol}})}$$

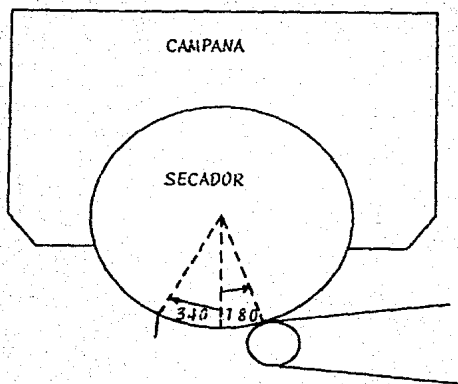
$$\bar{V} = 3.669 \text{ pie}^3/\text{bl} \text{ real}$$

$$\text{calidad de vapor} = \frac{3.669 \text{ pie}^3/\text{lb}}{3.671 \text{ pie}^3/\text{lb}} \times 100 = 100\%$$

$$\text{calidad de vapor} = \frac{\bar{V}_{\text{real}}}{\bar{V}_{\text{sat}}} \times 100 = \%$$



*Cálculo de la transferencia de calor en el secador.*



**DATOS:**

$h_{i0} = 4500 \text{ BTU/hr. pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$

$h_o = 1500 \text{ BTU/hr. pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}$

$k = 23.1 \text{ BTU/hr. pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \ \& \ \text{pie}$

$P = 308^\circ$

$A = 135 \text{ pulgadas}$

$D = 12 \text{ pies}$

$t_{\text{shell}} = 1.910 \text{ pulgadas}$

$P_v = 3.04 \text{ kg/cm}^2$

$P_D = 0.90 \text{ kg/cm}^2$

$C_v = 873.3 \text{ BTU/lb a } 8,13 \text{ kg/cm}^2$

$V = 100\%$

$(t_1) = 347.5 \text{ } ^\circ\text{F} = 175.3^\circ\text{C}$

$(t_2) = 194.0 \text{ } ^\circ\text{F} = 90^\circ\text{C}$

= Coeficiente interno de transferencia de calor.

= Coeficiente externo de transferencia de calor.

= Conductividad térmica (cast Iron)

= Perímetro de transferencia de calor

= Ancho total de la hoja de papel

= Diámetro del secador

= Espesor efectivo del shell del secador

= Presión de vapor en secador

= Presión diferencial en secador

= Calor latente de vaporización del agua

= Calidad del vapor alimentado al secador

= Temperatura del vapor alimentado al secador

= Temperatura superficial del secador.

Calculo del area de transferencia

$$A_t = \frac{\pi \cdot D \cdot A \cdot P}{12 (360^\circ)}$$

$$\pi = 3.1416$$

$$D = 12 \text{ pies}$$

$$A = 135 \text{ pulgadas}$$

$$P = 308^\circ$$

$$A_t = \frac{(3.1416)(12 \text{ pies})(135 \text{ pulg.})(308^\circ)}{(12 \text{ pulg/pie})(360^\circ)} = 362.855 \text{ pies}^2$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{t_1 - t_2}{\frac{1}{h_{io}} + \frac{1}{h_{o}} + \frac{t_{sp}}{k}}$$

$$\frac{Q}{A} = \frac{347.5^\circ\text{F} - 194^\circ\text{F}}{\frac{1}{4500} + \frac{1}{1500} + \frac{1.910}{(23.1)(12)}} = 19732 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr. pie}^2}$$

$$Q_{\text{Transferido}} = (19732 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr. pie}^2}) \cdot (362.855 \text{ pie}^2) = 7,159.855 \frac{\text{BTU}}{\text{HR}}$$

consumo de vapor saturado de la maquina sera:

$$w = \frac{Q_t}{\lambda_v} = \frac{7159855 \text{ BTU/hr}}{873}$$

$$w = 8201 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} = 3720 \text{ Kg/hr} = 89.29 \frac{\text{ton vapor}}{\text{dia}}$$

Calculo del condensado obtenido a partir del consumo obtenido de vapor saturado de la maquina.

Volumen especifico del condensado a las condiciones del tanque, separador (flashi).

$$\text{Presión} = 7.2 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{1}{v} = 0.0187 \text{ pie}^3/\text{lb}$$

Flujo de condensado

$$8201 \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \times \frac{\text{hr}}{60 \text{ min.}} \times 0.0187 \frac{\text{pie}^3}{\text{lb}} = 2.443 \text{ pie}^3/\text{min.}$$

$$1 \text{ pie}^3 = 28.317 \text{ litros}$$

$$\text{Flujo de condensado} = \underline{\underline{69 \text{ litros/min.}}}$$

Para confirmar estos resultados se realizaron mediciones en la máquina de flujo de condensados.

- Tanque Separador

Dimensiones diámetro = 30 pulgadas

altura = 54 pulgadas

Area transversal del tanque = 4.9088 pie<sup>2</sup>

Altura fijada en el tanque = 12 pulgadas

Volumen medido = 4.9088 pies<sup>3</sup>

= 139 litros

tiempo medido = 2.023 min.

Flujo de condensado =  $\frac{\text{vol}}{\text{tiempo}} = \frac{139 \text{ litros}}{2.073 \text{ min.}} = 67 \frac{1}{\text{min}}$

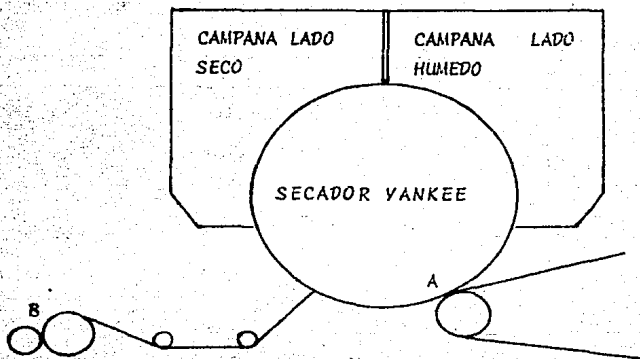
que equivalen a 2.366 pie<sup>3</sup>/min = 7944.27 lb/hr = 3604 Kg/hr de vapor

$W_{\text{real}}$  (medida de condensado) = 3604 Kg/hr

considerando pérdida de vapor = 116 Kg/hr (3.1%)

en fugas del sistema.

Transferencia de Calor.



### Datos

Velocidad de máquina	= 4429 pies/min
Velocidad de enrollador	= 3543 pies/min
Crepado	= 25%
Tipo de papel	= Tissue
Gramaje	= 16.3 g/m <sup>2</sup>
Humedad del papel	= 5.45 %
Humedad después p. succión	= 63.2 %
Ancho total de la hoja de papel	= 3.43 mts.
Ancho útil de la hoja de papel	= 3.30 mts.
Producción total	= 3.622 ton/hr
Producción útil	= 3.485 ton/hr
Ratio	= 0.822
Presión de vapor Yankee	= 8.04 Kg/cm <sup>2</sup>
Presión diferencial	= 0.90 Kg/cm <sup>2</sup>
Temperatura de campana	= 486 ° C
Flujo de gas	= 443 m <sup>3</sup> /hr

Temperatura de ebullición del agua a 586 mmhg = 197.6°F

Calor latente de vaporización del agua a 197.6°F = 979 BTU/lb

Poder calorífico del gas natural = 8460 Kcal/m<sup>3</sup>

### Balance de Materia

	Punto A	Punto B
Producción total	9.304 ton/hr	3.622 ton/hr
consistencia	36.8 %	94.55 %
Fibra seca	3.424 ton/hr	3.424
Agua	5.88 ton/hr	0.198 ton/hr
Agua eliminada	= 5.682 ton/hr	

Calor sensible

Hoja de papel      9304 Kg/hr  
                            20515 lbs/hr

$$t_1 = 30^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 198^\circ\text{F}$$

$$Q_s = Wcp(t_2 - t_1)$$

$$Q_s = 20515 \frac{\text{lbs}}{\text{hr}} \times 1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \times (198^\circ\text{F} - 86^\circ\text{F})$$

$$Q_s = \underline{2297680 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}}$$

Calor latente

Hoja de papel      5682 Kg/hr  
                            12529 lbs/hr

$$\lambda = 979 \text{ BTU/lb agua}$$

$$Q_E = W \times \lambda$$

$$Q_E = 12529 \frac{\text{lbs}}{\text{hr}} \times 979 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} = \underline{12,265,704 \frac{\text{BTU}}{\text{hr}}}$$

Calor total requerido

Calor sensible      2297680 BTU/hr

Calor latente      12265704 BTU/hr

Calor total requerido = 14563384 BTU/hr

Calor cedido por el Gas.

Poder calorífico      = 8460 Kcal/m<sup>3</sup> de gas

flujo de gas      = 443 m<sup>3</sup>/hr

$$Q_c = 232 \frac{\text{m}}{\text{hr}} \times 8460 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^3} \times 3.968 \frac{\text{BTU}}{\text{Kcal}}$$

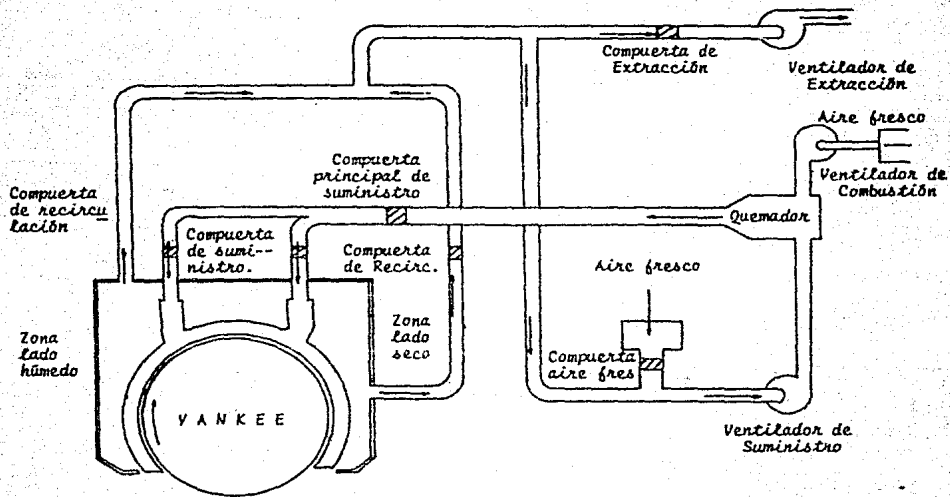
$$Q_c = \underline{14871191 \frac{\text{BTU}}{\text{HR}}}$$

## Resumen

## Secado del Papel

Tipo de papel		Tissuee
Gramaje	$g/m^2$	16.3
Velocidad Yankee	$ft/min$	4429
Velocidad reel	$ft/min$	3543
Crepado	%	25
Ancho total de la hoja	mts.	3.43
Ancho útil de la hoja	mts.	3.30
Producción total	Ton/hr	3.622
Producción útil	Ton/hr	3.485
Humedad en papel	%	5.45
Humedad después P. succión	%	63.2
Fibra seca total	Ton/hr	3.424
Fibra seca útil	Ton/hr	3.295
Agua total eliminada	Ton/hr	5.682
Calor sensible	BTU/hr	2'297,680
Calor latente	BTU/hr	12'265,704
Calor total requerido	BTU/hr	14'563,384
Presión de vapor yankee	$Kg/cm^2$	8.04
Presión diferencial	$Kg/cm^2$	0.90
Vapor alimentado a Yankee	$Kg/hr$	4650
Vapor vivo consumido	$Kg/hr$	3720
Flujo de condensado	$l/min$	69
Vapor recirculado	$Kg/hr$	930
Calor cedido (vapor)	BTU/hr	7'159,855
Temperatura de campana	$^{\circ}C$	486
Flujo de gas	$m^3/hr$	443
Poder calórico del gas	$Kcal/m^3$	8460
Calor cedido (gas)	BTU/hr	14'871,191
Calor total cedido	BTU/hr	22'031,046
Calor total aprovechado	BTU/hr	14'563,384
Calor perdido	BTU/hr	7'467,662
% Calor perdido	%	33.89
Calor cedido/ton papel	BTU/ton.P.	6'082,564
Calor aprovechado/ton papel	BTU/ton.P.	4'020,813

BALANCE DE CAMPANA



Datos

PTOS.

6 Ventilador de extracción.

Pv = Presión estática = 2.062" H<sub>2</sub>O

Tb.S = 630°F

Tb.H = 81°F

Datos de diseño del ventilador de extracción.

Q = Flujo aire máximo = 59460 ft<sup>3</sup>/min

Q medio = 32608 ft<sup>3</sup>/min

5 Entrada de aire fresco

tb.S = 95°F

tb.H = 80°F

4 Ventilador de suministro

$$t_{b.S} = 633^{\circ}\text{F}$$

$$t_{b.H} = 260^{\circ}\text{F}$$

Calculando el agua evaporada de la hoja de papel

$$\text{Humedad a la entrada secador} = 65.2\% = \text{dry in} = 100 - 65.2 = 36.8\%$$

$$\text{Humedad a la salida secador} = 5.45\% = \text{dry out} = 100 - 5.45 = 94.55\%$$

$$\text{Relación} \frac{\text{dry out}}{\text{dry in}} - 1 = \frac{94.55}{36.8} - 1 = 1.569 \frac{16 \text{ H}_2\text{O Evap.}}{\text{lb papel}}$$

De acuerdo a lo que obtenemos del balance de materia, tenemos que:

$$\frac{555 \text{ Kg H}_2\text{O Evap.}}{352 \text{ Kg papel}} = \frac{12287 \text{ lb H}_2\text{O Evap.}}{7968.4 \text{ lb papel}} = \frac{1.542 \text{ lb H}_2\text{O Evap.}}{\text{lb papel}}$$

De acuerdo a la producción de la máquina

Para todo el ancho de la máquina

$$\frac{86.928 \text{ Ton}}{\text{Día}} = \frac{86928 \times 2.2}{1440} = \frac{133.10 \text{ lb papel}}{\text{min}}$$

$$133.10 \frac{\text{lb papel}}{\text{min}} \times 1.569 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb papel}} = 208.847 \frac{\text{lb H}_2\text{O Evaporada}}{\text{min}}$$

208.847  $\frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{min}}$  Evaporada en la sección de secado  $\text{H}_2\text{O}$  que es extraída de la campana.

Ducto de Extracción (punto 6)

$$T_{b.S} = 332^{\circ}\text{C} = 630^{\circ}\text{F}$$

$$T_{c.} = 81^{\circ}\text{C} = 178^{\circ}\text{F}$$

De carta psicrométrica, la relación obtenemos

$$0.4 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb A.S.}}$$

Calculando el volumen específico a nivel de mar, de gráfica y con la información

$$\text{de } 0.4 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb A.S.}} \text{ vs. } T_{b.S} \text{ tenemos que}$$



$$\bar{V} = 45 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb A.S.}} \quad \text{corrigiendo por altitud}$$

Para la Ciudad de México de tabla se obtiene el factor de corrección

$$\text{altitud} = 7500 \text{ ft}; \quad \text{factor} = 0.751$$

$$\therefore \bar{V} = \frac{45}{0.751} = 59.92 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb A.S.}}$$

calculando la densidad para aire húmedo

$$\rho = \frac{1 + 0.4}{\bar{V}} = \frac{1.40}{59.92}$$

$$\rho = 0.0233 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{ft}^3}$$

el flujo medido en el extractor fue

$$Q = 32608 \text{ ft}^3/\text{min}$$

calculando el gasto masivo

$$G = \frac{Q}{\bar{V}} = \frac{32608 \text{ ft}^3/\text{min}}{59.92 \text{ ft}^3/\text{lb A.S.}}$$

$$G = 544.194 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{min.}}$$

calculando la humedad 0 H<sub>2</sub>O extraída

$$W = S \times G$$

$$W = 0.4 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb A.S.}} \times 544.194 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{min.}}$$

$$W = 217.577 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{min}} = \text{cantidad de H}_2\text{O total extraída del sistema campana}$$

Pero hay que recordar que:

$$W = \text{Humedad 0 H}_2\text{O de papel} + \text{H}_2\text{O que entra vía aire fresco}$$

Calculando la entrada de  $H_2O$  via aire fresco

Punto 5

$$Tb.S = 95^\circ F$$

$$Tb.H = 80^\circ F$$

De carta psicométrica

$$S = 0.02 \frac{\text{lb } H_2O}{\text{lb A.S.}}$$

Considerando que es un estado estacionario y no hay pérdidas ni entradas de aire y considerando que en el punto 2 sólo absorbe  $H_2O$ , entonces - punto 5 = punto 6

$$\text{por lo tanto } \frac{\text{lb A.S.}}{\text{min}} \text{ en 6} = \frac{\text{lb A.S.}}{\text{min}} \text{ en 5}$$

$$G = 544.194 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{min}}$$

calculando la cantidad de agua

$$W = S \times G$$
$$W = 0.02 \frac{\text{lb } H_2O}{\text{lb A.S.}} \times 544.194 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{min}}$$

$$W = 10.88 \frac{\text{lb } H_2O}{\text{min}}$$

Si del punto 6 restamos la cantidad de agua que entra via aire seco tenemos que

$$217.677 - 10.88 = 206.797 \frac{\text{lb } H_2O}{\text{min}} \text{ extraída de la campana}$$

calculando el % de saturación en este punto, de la carta de humedad

$$0.02 \frac{\text{lb } H_2O}{\text{lb A.S.}} \text{ VS. Temp. b.s. } (95^\circ F)$$

obtenemos 55 % saturación

Calculando el volumen específico

$\bar{V} = \text{Vol. aire seco} + \% \text{ saturación} (\text{volumen aire saturado} - \text{vol. aire seco})$   
Donde el volumen de aire saturado lo obtenemos de gráfica con la T<sub>b</sub>.S así como el volumen de aire seco

Entonces

$$\text{Volumen aire seco} = 14 \text{ ft}^3/\text{lb} \quad \text{a } 95^\circ \text{ F}$$

$$\text{Volumen aire saturado} = 14.8 \text{ ft}^3/\text{lb} \quad \text{a } 95^\circ \text{ F}$$

$$\bar{V} = 14.0 + 0.55 (14.8 - 14.0)$$

$$\bar{V} = 14.44 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb A.S.}}$$

corrigiendo por altitud

$$\bar{V} = \frac{14.44}{0.751} = 19.22 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb A.S.}}$$

calculando la densidad, para aire húmedo

$$p = 1 + 0.02$$

$$p = 0.053 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{ft}^3}$$

calculando el flujo

$$Q = \bar{V} \times G$$

$$Q = 19.22 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb A.S.}} \times 544.194 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{min}}$$

$$Q = 10459.408 \text{ ft}^3/\text{min}$$

calculando recirculación (punto 3)

La humedad del punto 3 es igual a la humedad en el punto 6

$$0.4 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb A.S.}}$$

$$\text{recordando la del punto 5} = 0.02 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb A.S.}}$$

la recirculación será

$$x = \% \text{ de recirculación con respecto del punto 4}$$

tenemos que

$$\frac{x(0.4)}{100} + \frac{(100-x)(0.02)}{100} = S \text{ suministro punto 4}$$

$$100 S = x(0.4) + (100-x)(0.02)$$

$$100 S = 0.4x + 2 - 0.02x$$

$$100 S = 2 + 0.38x$$

$$100 S - 2 = 0.38x$$

$$x = \frac{100 S - 2}{0.38}$$

0.38

de acuerdo a criterios de diseño la humedad en el punto 4 debe de encontrarse entre el rango 0.10 a 0.15  $\frac{\text{lb H}_2\text{O}}$

$\frac{\text{lb A. S.}}$

$$\text{consideraremos } 0.125 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb A. S.}}$$

de esta forma, tenemos que

$$x = 27.63 \% \text{ de recirculación}$$

Por lo tanto, el gasto del punto 5 será

$$72.37 \% \text{ del punto 4}$$

calculando el gasto masivo del punto 4 obtendremos

$$G \text{ suministro} = \frac{\text{G.A.F. (pto.5)}}{0.7237}$$

$$G = \frac{544.194}{0.7237} = 751.961 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{min}}$$

y calculando para el punto 3

$$G_4 = G_5 + G_3$$

$$G_3 = G_4 - G_5 = 751.961 - 544.194$$

$$G_3 = 207.767 \frac{\text{lb A. S.}}{\text{min}}$$

calculando para el punto 4

Volumen específico, de la carta y con los datos de

$$\text{Humedad} = 0.125 \quad \text{Vs.} \quad \text{T.B.S.}$$

$$\bar{V} = \frac{33 \text{ ft}^3}{\text{lb AS}}$$

corrigiendo por altitud

$$\bar{V} = \frac{33}{0.751} = 43.94 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb AS}}$$

calculando la cantidad de  $\text{H}_2\text{O}$

$$W = G \times S$$

$$W = 751.961 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}} \times 0.125 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{min}}$$

$$W = 93.99 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{min}}$$

calculando la densidad

$$\rho = \frac{1 + 0.125}{43.94}$$

$$\rho = 0.025 \frac{\text{lb AS}}{\text{ft}^3}$$

calculando el flujo  $Q = \bar{V} \times G$

$$Q = \frac{43.94 \text{ ft}^3}{\text{lb AS}} \times 751.961 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}}$$

$$Q = 33041.166 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

calculando para la recirculación (punto 3)

tenemos que las condiciones para los puntos 2, 3 y 6 son las mismas

Por lo tanto,

$$\bar{V} = 59.92 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb AS}}$$

$$S = 0.4 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb AS}}$$

Del punto anterior obtuvimos el gasto para el punto 3

$$G = 207\,767 \frac{\text{lb A.S.}}{\text{MIN}}$$

Calculando la cantidad de  $H_2O$  en este punto

$$W = G \times S$$

$$W = 207.767 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}} \times 0.4 \frac{\text{lb } H_2O}{\text{min}}$$

$$W = 83.107 \frac{\text{lb } H_2O}{\text{min}}$$

de igual manera la densidad

$$P = \frac{1 + 0.4}{59.92}$$

$$P = 0.0233 \frac{\text{lb AS}}{\text{ft}^3}$$

calculando el flujo

$$Q = \bar{V} \times G$$

$$Q = 59.92 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb AS}} \times 207.767 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}}$$

$$Q = 12449.398 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

calculando para el punto 2

el gasto será

$$G_2 = G_3 + G_6$$

$$G = 207.767 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}} + 544.194 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}}$$

$$G = 751.961 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}}$$

el volumen específico así como la densidad serán igual al punto 6 o punto 3 de esta forma

$$\bar{V} = 59.92 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb AS}}$$

$$P = 0.0233 \frac{\text{lb AS}}{\text{ft}^3}$$

calculando la cantidad de  $H_2O$  tenemos que

$$W = G \times S$$

$$W = 751.961 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}} \times 0.4 \frac{\text{lb } H_2O}{\text{lb AS}}$$

$$W = 300.784 \frac{\text{lb } H_2O}{\text{lb AS}}$$

calculando el flujo

$$Q = V \times G$$

$$Q = 59.92 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb AS}} \times 751.961 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}}$$

$$Q = 45057.503 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

calculando para el punto 1 tenemos que

la cantidad de  $H_2O$  será igual a la del punto 4, ya que se calienta el aire pero no se extrae agua ni se adiciona

$$\text{por lo tanto } S_4 = S_1 = 0.125 \frac{\text{lb } H_2O}{\text{lb AS}}$$

el gasto en este punto es igual al del punto 4

$$G = 751.961 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}}$$

calculando el volumen específico, tenemos que

$$T.B.S. = \text{Temp. de la campana} = 909^\circ F$$

y con la humedad  $0.125 \frac{\text{lb } H_2O}{\text{lb AS}}$  de la carta de humedad

obtenemos la T. B. H. =  $165^\circ F$ , así como el volumen específico

$$V = 41 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb AS}}$$

corrigiendo por altura

$$V = \frac{41}{0.751} = 54.59 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb AS}}$$

calculando la densidad

$$\rho = \frac{1 + 0.125}{54.59}$$

$$\rho = 0.020 \frac{\text{lb AS}}{\text{ft}^3}$$

calculando la cantidad de H<sub>2</sub>O, Ésta será igual al punto 4

$$W = G \times S$$

$$W = 751.961 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}} \times 0.125 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{min}}$$

$$W = 93.99 \frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{min}}$$

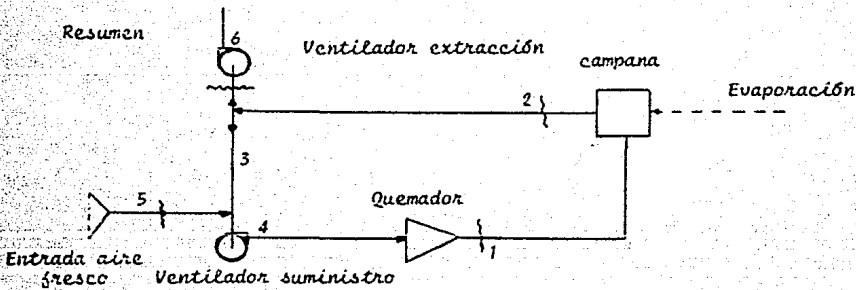
calculando el flujo

$$Q = \bar{V} \times G$$

$$Q = 54.59 \frac{\text{ft}^3}{\text{lb AS}} \times 751.961 \frac{\text{lb AS}}{\text{min}}$$

$$Q = 41049.55 \frac{\text{ft}^3}{\text{min}}$$

Resumen



Punto	T	S	V	G	W	d	Q
	$\frac{\text{DB/WB}}{\text{F}}$	$\frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{lb AS}}$	$\frac{\text{cu ft}}{\text{lb AS}}$	$\frac{\text{lb AS}}{\text{min}}$	$\frac{\text{lb H}_2\text{O}}{\text{min}}$	$\frac{\text{lb AS}}{\text{cu ft}}$	
1	909/164	0.125	54.59	751.961	93.99	0.020	41049.55
2	630/178	0.40	59.92	751.961	300.784	0.0233	45057.50
3	630/178	0.40	59.92	207.767	83.107	0.0233	12449.39
4	633/260	0.125	43.94	751.961	93.99	0.025	33041.16
5	95/80	0.02	19.22	544.194	10.88	0.053	10459.41
6	630/178	0.40	59.92	544.194	217.677	0.0233	32608.00



## Análisis de Costo

El que un equipo trabaje a su máxima eficiencia, hace que los costos de producción bajen, aumentando la productividad.

En este caso que encontramos que un 53.89% del consumo de energéticos se desperdicia, esto representa un aumento en el costo de producción, así como una baja producción por la mala eficiencia del equipo. Además de considerarse en el costo de producción el consumo de energéticos, deben considerarse factores, tales como:

- 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 energía eléctrica
- e). Mano de obra, etc.

Para fines de este trabajo sólo consideraremos el costo del consumo de fibras, vapor y gas por tonelada de papel, y así obtendríamos que para una mezcla de:

Fibras	Papel higiénico
Bagazo	36
F. larga	36
P. mecánica	8
Merma	20

Se ha encontrado que para una tonelada de papel se necesita 1.111 ton de fibra.

Costo de mezcla fibrosa		Costo
Fibras	Mezcla	
Bagazo	36	61,993.80
F. larga	36	106,693.20
P. mecánica	8	16,531.70
Merma	<u>20</u>	<u>43,551.20</u>
	100	228,769.90

	\$/TON. PAPEL (Consumos requeridos)	\$/TON. PAPEL (Consumos de acuerdo a balance)
Mezcla fibrosa	228,769.90	228,769.90
Consumo vapor ton/ton P.	8,821.00	13,342.90
Consumo gas m <sup>3</sup> /ton.P	6,302.74	9,533.70
Total \$/ton papel	243,893.64	251,646.50

Existiendo una diferencia de 7,752 \$/ton papel; para una producción de 3,485 ton/hr., tendríamos una diferencia de 64,707.00\$/día, siendo esta una cantidad bastante considerable, como para no desear que nuestro equipo no trabaje más eficientemente.

## PRENSADO

Una vez que la hoja de papel ha sido formada y se le ha eliminado agua por medio de gravedad y por la acción de los elementos de formación, será transferida a la sección de prensas cuyo objetivo principal es continuar eliminando agua por medios mecánicos de presión y de succión, a medida que se tenga una mayor eliminación de agua mayor será la eficiencia que se tenga en el prensado; puesto que el prensado es un procedimiento de eliminación de agua mucho más económico que el secado, es una operación que se debe usar hasta su límite técnico y económico.

La hoja de papel a la entrada de la sección de prensas proveniente de la mesa de formación puede contener de 80 a 90% de agua, dependiendo de la velocidad de la máquina y el tipo de papel, y debido a que es extremadamente costoso remover agua por medio del secado con vapor la eficiencia de la sección de prensas es de importancia crítica en la minimización de costos de pulpa a papel terminado. También es bien sabido que una hoja de papel húmeda es difícil que corra eficientemente en una máquina de papel, debido a los esfuerzos y tensiones aplicadas en los tiros entre las secciones, ya que se pueden producir roturas o rompimientos de la hoja, debido que el punto de rompimiento del papel húmedo empieza a ser más crítico a medida que el contenido de humedad se incrementa.

La mayor eficiencia en la sección de prensas, está en la eliminación del agua desde la estructura capilar de la hoja de papel, a medida que esta es más resistente se contribuye a sí a una mayor eficiencia en la operación de la máquina. El otro criterio que se debe tener presente, consiste en que la distribución de la humedad a la salida de la sección de prensas deberá ser uniforme para satisfacer las características en la sección de secado y proporcionar una humedad uniforme en el enrollador de la máquina y una distribución uniforme siendo esto la mayor importancia, para lograr una mejor eficiencia y economía en -

### *La operación de la máquina.*

*El contenido de humedad a la salida de la última prensa es el que va a determinar los costos en el secado y la máxima producción si la capacidad de secado es limitada. La distribución correcta de la humedad es necesaria para dar una calidad uniforme del papel en el enrollador, con -- una 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, disminu-- yendo la eficiencia de la máquina y la calidad del papel es inferior.*

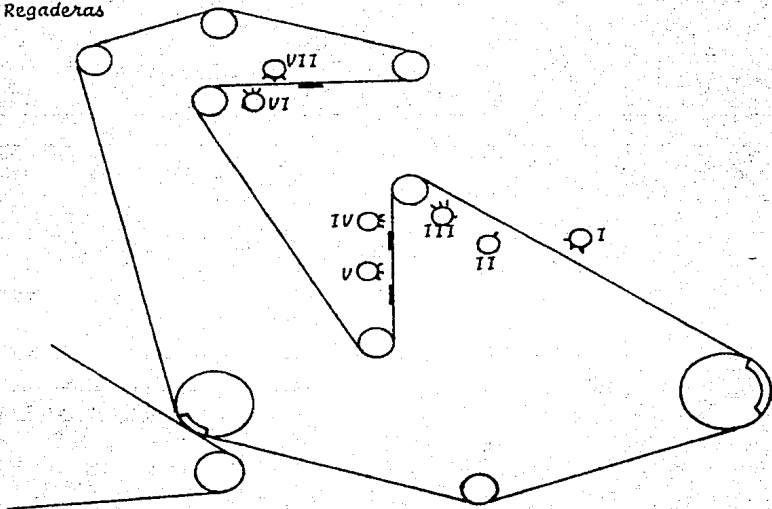
## CONCLUSIONES

1. Tenemos capacidad suficiente para aumentar la producción de la máquina.
2. El consumo de agua y vapor es excesivo por lo que es necesario reducir las pérdidas de calor, pérdidas que pueden estar incluidas en los siguientes conceptos:
  - a) Radiación de calor de los ductos de la campana.
  - b) Calor sensible del aire extraído de la campana.
  - c) Radiación de calor de las tapas del secador Yankee.
  - d) Fugas de vapor por equipo en malas condiciones de mantenimiento.
  - e) Agua acarreada por el fieltro, la cual también consume energía.

En lo que al último inciso del punto anterior se refiere, es muy importante contar con las vestiduras adecuadas para la máquina, un estudio adicional - realizado en conjunto con los proveedores de vestiduras se encontró que: - la cantidad de agua utilizada para el acondicionamiento y limpieza de agua - no es la adecuada, tanto en cantidad como en la localización correcta de la misma.

### Sección Fieltro

Regaderas



### Condiciones Actuales

Regadera	Espreas	Tipo Esprea	Función	Pres. de Reg.	Flujo de H <sub>2</sub> O por Esprea	Flujo de H <sub>2</sub> O por Regadera	Tipo de H <sub>2</sub> O Utilizada
I	14	Abanico	Inundación	65 lb/in <sup>2</sup>	16.65 L/min	233.10 L/min	Fresca
II	13	Osc. Aguja	Alta Presión	250 lb/in <sup>2</sup>	2.25 L/min	29.25 L/min	Fresca
III	14	Abanico	Inundación	65 lb/in <sup>2</sup>	16.65 L/min	233.10 L/min	Fresca
IV	14	Abanico	Lubricación	65 lb/in <sup>2</sup>	16.65 L/min	233.10 L/min	Blanca
V	14	Abanico	Lubricación	65 lb/in <sup>2</sup>	16.65 L/min	233.10 L/min	Blanca
VI	14	Abanico	Lubricación	65 lb/in <sup>2</sup>	16.65 L/min	233.10 L/min	Blanca
VII	9	Abanico	Sello	65 lb/in <sup>2</sup>	16.65 L/min	149.85 L/min	Fresca

Agua Fresca = 878.4 Lts./min.

Agua Blanca = 466.20 Lts./min.

Total = 1344.6 Lts./min.

De acuerdo a recomendaciones del personal de Albany, para acondicionamiento de filtros en papeles faciales e higiénicos, se calcularon las cantidades adecuadas de agua a manejar en cada una de las regaderas de acuerdo con la ecuación

$$\frac{"K" \times \text{ancho del filtro} \times \text{velocidad de máquina} \times \text{peso del fieltro}}{100}$$

ecuación extraída de boletín de información de Albany Int. (se anexa)

Regadera	Recomendación Flujo L/min.
I	400.00
II	55.80
III	552.00
IV	27.00

Regadera	Recomendación Flujo L/min.
V	27.00
VI	27.00
VII	149.85
<b>Total</b>	<b>1,238.60</b>

Siendo considerablemente menor la cantidad de agua recomendada. Esto es muy importante así como el adecuado uso del sistema de vacío en esta sección de la máquina, ya que el fieltro debe de correr lo más seco posible para que cumpla al máximo con su capacidad de absorción y ayude al secado de la hoja de papel con la posibilidad de reducir consumo de energía en la sección de secado.

- Es necesario revisar la abertura de las compuertas así como de los ventiladores de suministro y de extracción de la campana, para asegurar una adecuada operación de este equipo.

- Se considera un consumo óptimo de gas y vapor (según recomendaciones de Scott)

Vapor	60%
Campana	40%

- La campana está suministrando el 67.5% de calor cedido total y el Yankee el 32.5% restante.
- Aunado a lo anterior, una mala operación por desconocimiento de los sistemas trae como consecuencia un consumo excesivo de energéticos.
- Por el lado de mezcla fibrosa, se puede mejorar la calidad de la misma para mejorar la eficiencia del secado.

Algunos de los aspectos en que normalmente se está trabajando son:

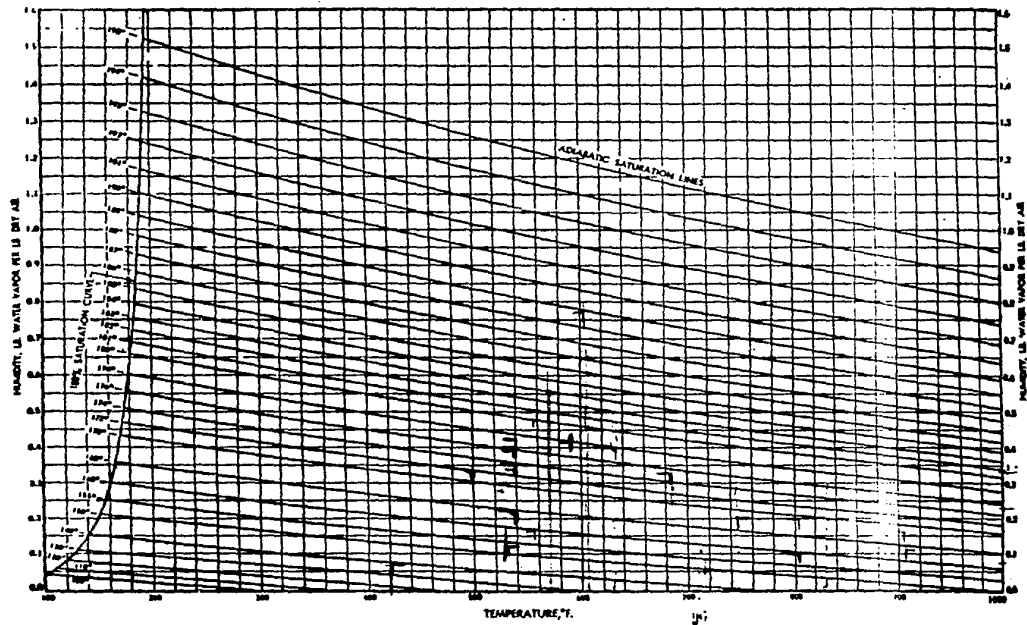
- Cierre de circuitos de agua para reducir al máximo el consumo de agua fresca, considerando la calidad de agua reprocesada, ya que ésta generalmente es utilizada en las regaderas de limpieza de las vestiduras.

- 2) *Desarrollos constantes en vestiduras (telas y fieltros) con los proveedores, de tal forma de obtener vestiduras que sean más fáciles de mantener limpias y que se obtengan perfiles de humedad uniformes.*
- 3) *Mantenimiento a los sistemas de control de proceso por computadora - que ofrece a los operadores de máquinas de papel un control en el -- consumo de fibras, vapor y gas, controlando las condiciones de opera ción de las máquinas.*



## PSYCHROMETRIC TABLES AND CHARTS

ADHUMIDIFICATION LINES AND 100 PER CENT SATURATION CURVE  
 Temperature Range, 100 to 1000° F.; Pressure, 29.921" Hg.; Low Humidity Range

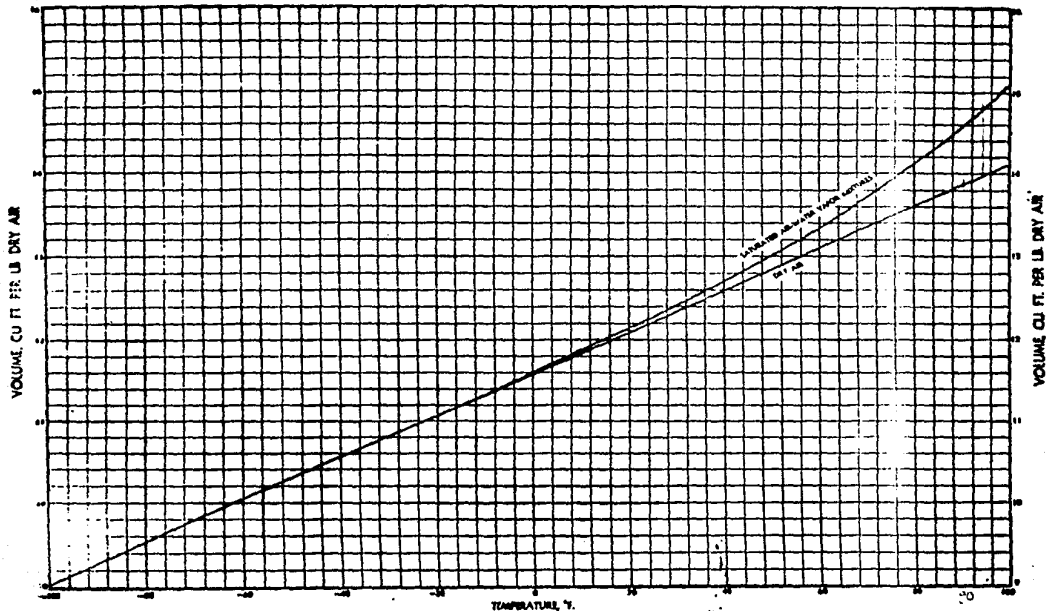


$\nabla = \text{VOL. DRY AIR} + \text{PERC. SATUR. (V. SAT. AIR - V. DRY AIR)}$

CHART 24

VOLUME OF DRY AND SATURATED AIR

Temperature Range,  $-100$  to  $+100^{\circ}\text{F}$ .; Pressure, 29.921" Hg





# General Air Engineering Data

$d$  = AIR DENSITY AT 70°F, 29.92 IN. Hg  
BAR. PRESS. 1 1/2 CU FT

(WG)  $P_v$  = VELOCITY PRESS. IN. H<sub>2</sub>O

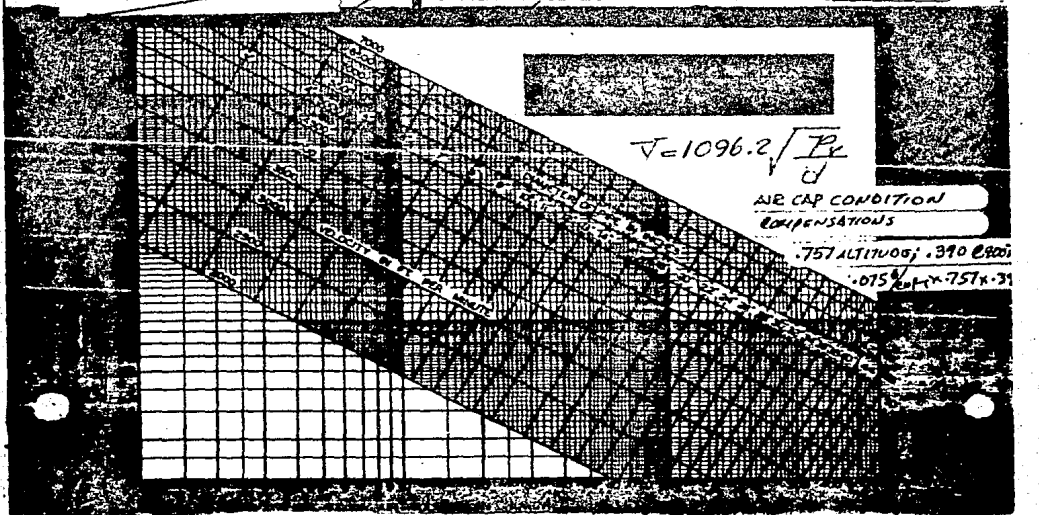
TABLE 1		TABLE 2		TABLE 3		
Vel. of Circles	Vel. in Ft.	Velocity Pressure	Pressure	Temperature	Density	Wt. Per Cu. Ft.
1/8"	1133	1.0	1.216	0	1.133	0.844
1/4"	1588	1.5	1.772	10	1.095	0.797
3/8"	2043	2.0	2.328	20	1.057	0.750
1/2"	2498	2.5	2.884	30	1.019	0.703
5/8"	2953	3.0	3.440	40	0.981	0.656
3/4"	3408	3.5	3.996	50	0.943	0.609
7/8"	3863	4.0	4.552	60	0.905	0.562
1"	4318	4.5	5.108	70	0.867	0.515
1 1/8"	4773	5.0	5.664	80	0.829	0.468
1 1/4"	5228	5.5	6.220	90	0.791	0.421
1 3/8"	5683	6.0	6.776	100	0.753	0.374
1 1/2"	6138	6.5	7.332	110	0.715	0.327
1 5/8"	6593	7.0	7.888	120	0.677	0.280
1 3/4"	7048	7.5	8.444	130	0.639	0.233
1 7/8"	7503	8.0	8.999	140	0.601	0.186
2"	7958	8.5	9.555	150	0.563	0.139
2 1/8"	8413	9.0	10.111	160	0.525	0.092
2 1/4"	8868	9.5	10.667	170	0.487	0.045
2 3/8"	9323	10.0	11.223	180	0.449	0.000
2 1/2"	9778	10.5	11.779	190	0.411	
2 5/8"	10233	11.0	12.335	200	0.373	
2 3/4"	10688	11.5	12.891	210	0.335	
2 7/8"	11143	12.0	13.447	220	0.297	
3"	11598	12.5	14.003	230	0.259	
3 1/8"	12053	13.0	14.559	240	0.221	
3 1/4"	12508	13.5	15.115	250	0.183	
3 3/8"	12963	14.0	15.671	260	0.145	
3 1/2"	13418	14.5	16.227	270	0.107	
3 5/8"	13873	15.0	16.783	280	0.069	
3 3/4"	14328	15.5	17.339	290	0.031	
3 7/8"	14783	16.0	17.895	300	0.000	
4"	15238	16.5	18.451			

AT 29.92 IN. Hg  
 (C.F. LEVEL)

Diameter of Pipe	Velocity in Ft. to FPM									
	2000	2400	3000	3600	4200	4800	5400	6000	6600	7200
3"	98	133	167	177	184	197	211	216	223	291
3 1/2"	124	167	200	204	210	217	225	230	235	267
4"	158	218	262	266	272	279	283	287	291	323
4 1/2"	221	278	331	337	343	349	354	357	361	393
5"	270	341	409	416	422	428	433	437	441	473
5 1/2"	300	417	493	501	508	515	521	526	531	563
6"	357	474	561	570	577	584	590	595	600	632
6 1/2"	414	541	639	649	656	663	669	674	679	711
7"	487	630	739	750	757	764	770	775	780	812
7 1/2"	550	704	814	826	833	840	846	851	856	888
8"	624	789	900	913	920	927	933	938	943	975
8 1/2"	697	873	994	1008	1015	1022	1028	1033	1038	1070
9"	770	957	1079	1094	1101	1108	1114	1119	1124	1156
9 1/2"	843	1041	1173	1189	1196	1203	1209	1214	1219	1251
10"	916	1115	1257	1274	1281	1288	1294	1299	1304	1336
10 1/2"	989	1199	1341	1359	1366	1373	1379	1384	1389	1421
11"	1062	1273	1415	1434	1441	1448	1454	1459	1464	1496
11 1/2"	1135	1347	1489	1509	1516	1523	1529	1534	1539	1571
12"	1208	1421	1563	1584	1591	1598	1604	1609	1614	1646

Entr. Loss in V.P.	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
0.2	0.30	0.47	0.62	0.73	0.81	0.88	0.94	0.99	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29
0.3	0.31	0.48	0.63	0.74	0.82	0.89	0.95	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30
0.4	0.32	0.49	0.64	0.75	0.83	0.90	0.96	1.01	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31
0.5	0.33	0.50	0.65	0.76	0.84	0.91	0.97	1.02	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.32
0.6	0.34	0.51	0.66	0.77	0.85	0.92	0.98	1.03	1.08	1.13	1.18	1.23	1.28	1.33
0.7	0.35	0.52	0.67	0.78	0.86	0.93	0.99	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34
0.8	0.36	0.53	0.68	0.79	0.87	0.94	1.00	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35
0.9	0.37	0.54	0.69	0.80	0.88	0.95	1.01	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36
1.0	0.38	0.55	0.70	0.81	0.89	0.96	1.02	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.32	1.37
1.1	0.39	0.56	0.71	0.82	0.90	0.97	1.03	1.08	1.13	1.18	1.23	1.28	1.33	1.38
1.2	0.40	0.57	0.72	0.83	0.91	0.98	1.04	1.09	1.14	1.19	1.24	1.29	1.34	1.39
1.3	0.41	0.58	0.73	0.84	0.92	0.99	1.05	1.10	1.15	1.20	1.25	1.30	1.35	1.40
1.4	0.42	0.59	0.74	0.85	0.93	1.00	1.06	1.11	1.16	1.21	1.26	1.31	1.36	1.41
1.5	0.43	0.60	0.75	0.86	0.94	1.01	1.07	1.12	1.17	1.22	1.27	1.32	1.37	1.42

MAX D.F. 7500 FT (11.2 PSIA BAR.) AIR  
 AT 750°F  $\gamma = 2.7001 \times 11.2 = P_v$   
 20 PF  $\frac{P_v}{(750+460)} = 0.02499 \frac{\#}{\text{CU FT}}$   
 TEM. D. FACT. ALTT. D. FACT  
 OR  $0.0749 \times 4.388 \times 751 = 0.02463 \frac{\#}{\text{CU FT}}$   
 $SP = SP \times ADR$   
 not coll  
 ADR AIR DENSITY RATIO (TEMP. DENSITY FACTOR)  
 AT 500°F  $SP = 4" \text{ W.C.} \times 0.552 = 2.2" \text{ W.C.}$



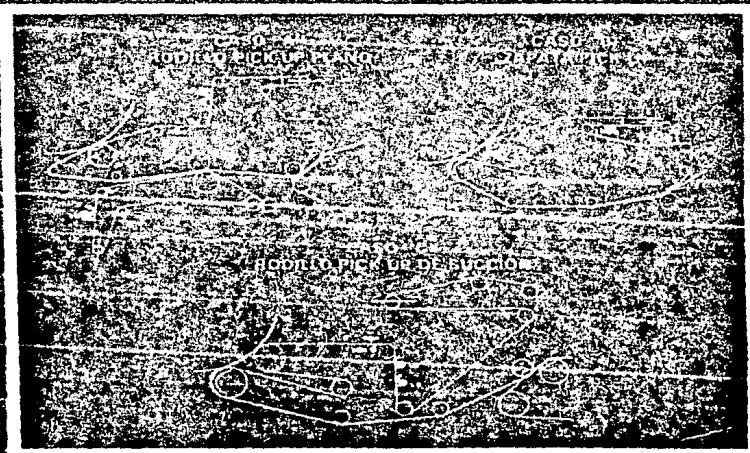
**ALBANY**  
INTERNATIONAL

FELT AND  
FABRIC

**facts**

VOLUMEN 27 NO. 12

# RECOMENDACIONES DE SISTEMAS PARA ACONDICIONAMIENTO DE FIELTROS EN PAPELES FACIALES E HIGIENICOS



# RECOMENDACIONES DE SISTEMAS PARA ACONDICIONAMIENTO DE FIELTROS EN PAPELES FACIALES E HIGIENICOS



Murray M. Cutts,  
Ingeniero de Servicio  
de Albany International  
Engineered System Division

John C. Smith  
Consultor de  
Albany International



## BREVE ACTUALIZACION DEL EQUIPO AUXILIAR PARA ACONDICIONAMIENTO DE FIELTROS

En el pasado, las recomendaciones para el acondicionamiento de los fieltros se hacían en forma general o bajo sistemas ya diseñados para todos los tipos de papel.

Recientemente, Albany International completó una investigación en toda la industria, incluyendo estudios de laboratorio, tratando el tema de los sistemas de acondicionamiento de fieltros. La conclusión de este trabajo fue que estos sistemas para ser efectivos y eficientes, deben variar en diseño de acuerdo al tipo de papel de que se trate.

Por consiguiente, este artículo trata exclusivamente sobre recomendaciones para papeles higiénicos y faciales, teniendo como ejemplos recordados de fieltro clásicos o tradicionales con los rangos de pesos de fieltros medidos en Gm/m<sup>2</sup> y permeabilidades al aire en CFM mostrados en la tabla No. 1. Recomendaciones para otros tipos de papeles se mostrarán en publicaciones posteriores.

POSICION	PESO DEL FIELTRO		PERMEABILIDAD AL AIRE	
	Oz sq ft	Gm m <sup>2</sup>	CFM	M <sup>3</sup> por m <sup>2</sup> en 1 hora a 1.5" de agua
PU: Filtro Servicio PU: Filtro Doble Filtro Interior	36 - 40	1100-1220	35 - 45	560 - 720
	36 - 40	1100-1220	20 - 30	320 - 480
	25 - 30	760-915	40 - 140	640-2240

## SELECCION DE LAS REGADERAS (Ver la Caratula)

### H. (Alta Presion - Interior)

Se trata de una regadera oscilatoria de alta presión, chorro de agua con boquillas cada 15.2 cms. (6") y una carrera de oscilación de 30.5 cms. (12").

La información obtenida durante nuestra investigación indica que un gran número de plantas trabaja las regaderas interiores de alta presión en forma continua y a presiones relativamente bajas en el orden de 200 a 300 psi.

Se recomienda tener disponible una segunda bomba con suficiente capacidad (flujo, presión y potencia) para poder obtener de ella presiones intermitentes en el orden de 500 a 750 psi y poder eliminar contaminantes difíciles de remover.

Este sistema de dos bombas comparado con el de una sola bomba manejando los dos requerimientos de presión reduce en ahorros considerables de energía.

### M. (Alta Presion - Cara)

Una regadera de alta presión adicional puede ser instalada por la cara del fieltro con una inclinación de aproximadamente 15° dirigiendo el chorro en sentido opuesto a la dirección del fieltro, de tal manera que el mismo despegue los contaminantes de la superficie.

### F. (Regadera de inundacion)

Hablamos de una regadera estacionaria de abanico con boquillas espaciadas cada 12.7 o 15.2 cms. (5 o 6") con la que podemos obtener una cortina de agua completa y pareja. Encontramos que esta regadera es generalmente operada en forma continua a 50-70 psi, y se procura localizar de tal manera que la cortina de agua se aplique por dentro del fieltro precisamente en el "rip" que forman este y algun rodillo interior para asegurar que la distribución y penetración del agua en el fieltro sea lo más uniforme a todo lo ancho.

### L. (Regadera de Lubricacion)

Es una regadera estacionaria de abanico con espaciamiento entre boquillas de 15.2 a 20.8 cms. (6" a 8") para obtener una humectación completa y uniforme a todo lo ancho de fieltro, generalmente trabaja en forma continua a presiones entre 20 a 30 psi.

Todas las boquillas de las regaderas a que nos hemos referido anteriormente pueden ser de orificio tipo pistola usada con agua fresca o bien del tipo burbujeo de auto limpieza si se usa agua blanca. La practica ha demostrado que si esta agua blanca llena ciertos requerimientos, las boquillas de orificio fijo pueden ser usadas y obtener una operación satisfactoria. Si es necesario consulte a su ingeniero de Ventas o Servicio.

## VOLUMENES DE AGUA EN LAS REGADERAS

La cantidad de agua de regaderas recomendada para limpiar adecuadamente los fieltros en maquinas para papeles faciales e higiénicos se puede calcular usando la siguiente relación:

$$K \times \text{Ancho del Filtro} \times \text{Velocidad Máquina} \times \text{Peso de Filtro (Ver tabla 2 y 3)} \div 100 \text{ m}$$

Los factores "K" usados especifican volúmenes en regaderas en terminos de:

—Galones U.S. por minuto/Pulgadas de ancho de fieltro/Velocidad de máquina de 100 Pies por minuto/Peso de fieltro en onzas por pie cuadrado (Inglés).

—Litros por minuto/Metros de ancho de fieltro/Velocidad de máquina de 100 Mts. por minuto/Peso del fieltro en Gms. por metro cuadrado.

En la fabricación de papeles faciales e higiénicos, además del agua requerida para acondicionar el fieltro, se debe agregar suficiente cantidad de agua (generalmente en la regla uniformizadora o guard board), para asegurar un pick-up uniforme y eficiente.

Este volumen de agua es extra al volumen de agua requerida para el lavado. (Referirse a la Tabla 2).

**Tabla 2**  
**VOLUMENES DE AGUA RECOMENDADOS PARA REGADERAS DE LAVADO/ACONDICIONAMIENTO Y PICK-UP DE LA HOJA**

Posición	Lavado/Acondicionamiento				Pick-up			
	Lbs. Agua/Lbs. Fieltro		Factor "K"		Lbs. Agua/Lbs. Fieltro		Factor "K"	
	Gramos Agua	Gramos Fieltro	Sist. Ing.	Sist. Met.	Grms. Agua	Grms. Fieltro	Sist. Ing.	Sist. Met.
Pick-up	0.10		0.0063	0.01	0.10		0.0063	0.01
Inferior	0.10		0.0063	0.01				

**Tabla 3**  
**ESPECIFICACIONES DE BOQUILLAS REGADERAS**

Boquilla Tipo de Regadera	GPM Boquillas Lts. min./Boquillas	Presión	GPM pulg. ancho Lts. min./pulg. ancho
Regadera de Alta Presión 12" Osc. 10.040" Diam. Boquilla de Agua 6" separación entre boquillas.	0.75	500 psi (intermitente)	
	0.59	300 psi (continua)	
Regaderas de Lubricación — Esta- cionarias (0.055 Dia. (1.54) x 90 Boquillas de Abanico)	0.38	30 psi	0.03 Abajo de 1,500 pies/min. 0.05
	0.31	20 psi	Arriba de 1,500 pies/min

El volumen total de agua para acondicionamiento = lavado regadera de inundación + regadera de alta presión (operación continua) + regadera de lubricación.

**CALCULO TIPICO**

¿Cuáles son los volúmenes en regaderas recomendados para mantener los fieltros limpios y acondicionados para garantizar un flujo y uniforme pick-up en una máquina con las siguientes especificaciones?

Tipo de máquina de alta velocidad con doble fieltro  
Caso a) Rodillo pick-up - plano  
Caso b) Zapata pick-up  
Caso c) Rodillo pick-up de succión  
Velocidad: 4000 pies/min. (1220 mts./min.)  
Ancho nominal del fieltro Pick-up 190" (4.82 mts.)  
Inferior 194" (4.93 mts.)  
Pick-up 3.8 oz./pie<sup>2</sup> (1660 gms./m<sup>2</sup>)  
Inferior 2.8 oz./pie<sup>2</sup> (1.85 gms./m<sup>2</sup>)

Fieltro Pick-up (H<sub>2</sub>O para limpiar y acondicionar)  
La cantidad de agua recomendada para el Caso (a) (b) y (c) es 10 Lbs. de H<sub>2</sub>O lb. de fieltro (45.36 grs. de H<sub>2</sub>O/45.36 grs. de fieltro) lo cual equivale a 0.0063 galones/min. pulg. ancho/100 pies. min./oz. pie<sup>2</sup> de fieltro +

- \* Sist. Ingles 0.0063 x 190 x  $\frac{4000}{100}$  x 3.8 = 182 galones/min
- \* Sist. Métrico 0.01 x 4.82 x  $\frac{1220}{100}$  x 1160 = 682.12 lts./min

La regadera de alta presión por dentro del recorrido del fieltro con boquillas de agua de 0.040" (1 mm) de diámetro, espaciadas 6" (152 mm) entre centros, trabajando continuamente a 250 psi (17.6 Kg/cm<sup>2</sup>) requiere de 32 boquillas (190" ± 0). La cantidad de flujo por boquilla a esta presión es de .55 gal/min (2.08 lts./min). Por lo tanto el flujo total en regaderas es de .55 x 32 = 17.6 gal/min (66.61 lts./min).

**NOTA:** El volumen de agua adicional requerido para una regadera de alta presión por la cara del fieltro NO está considerado en el cálculo del flujo total.

El volumen recomendado para la regadera de lubricación es de 0.05 gal/min por pulg. de ancho del fieltro. Por lo tanto el volumen total en regaderas de lubricación es de .190 x .05 = 9.4 gal/min (35.3 lts./min).

Regaderas de Inundación  
Ya que el volumen total de agua requerido es de 182 gal/min (682.12 lts./min.), la suma de la regadera de alta presión y inundación es de 9.4 + 17.6 = 27 gal/min (101.9 lts./min.) se requiere adicionar 155 gal/min a la suma de med. de la regadera de inundación.

Esta regadera generalmente consta de boquillas espaciadas entre centros de 5" (12.7 cm.) a 6" (15.2 cm.) con el orificio elegido según el requerimiento del flujo por suministrar.

d. = gpm boquilla      donde d = Diámetro de la boquilla  
38 Cv (P)                      Cv = 60  
P = Presión

Fieltro Pick-up (H<sub>2</sub>O para el levantado de la hoja)

Caso (a) - Rodillo Pick-up  
Volumen requerido = 0.0063 x 190 x  $\frac{4000}{100}$  x 3.8 = 182 gal/min  
= 682.12 lts./min

Caso (b) - Zapata Pick-up  
Volumen requerido = 0.0063 x 190 x  $\frac{4000}{100}$  x 3.8 = 182 gal/min  
= 682.12 lts./min

La cantidad de agua para lubricar, más el agua requerida por la zapata del Pick-up es 190 x 0.05 gal/min/pulg. de ancho = 17.5 gal/min. Requerimiento total = 182 + 17.5 = 199.5 gal/min. (753.12 lts./min)

Caso (c) - Rodillo Pick-up de Succión  
Generalmente no se requiere de agua para el Pick-up.

Fieltro Inferior (H<sub>2</sub>O para lavar y acondicionar)

El volumen requerido en regaderas para el Caso (a), (b) y (c) es de .10 lbs. de H<sub>2</sub>O/lb. de fieltro, lo cual equivale a

0.0063 gal/min pulg. de ancho/100 pies. min./oz. pie<sup>2</sup> de fieltro +  
0.0063 x 190 x  $\frac{4000}{100}$  x 2.8 = 137 gal/min. (518.55 lts./min)

Generalmente no se requiere de una regadera de alta presión ni por dentro ni por la cara del fieltro. Sin embargo, en caso de que sí se utilice, se deberá de incluir en el cálculo del volumen total en forma similar al ejemplo mostrado para el fieltro Pick-up anterior.

El volumen para la regadera de lubricación también se calcula simultáneamente al ejemplo desarrollado para el fieltro anterior y debe ubicarse al frente de cada caja de succión.  
0.05 x 190 = 9.8 gal/min. (37.09 lts./min)

Regadera de Inundación

Ya que el volumen total de agua requerido para acondicionar es de 137 gal/min (518.55 lts./min.), y que la regadera de lubricación requiere de 9.8 gal/min (37.09 lts./min.) y otros 127.2 gal/min. (480.7 lts./min.) más deben adicionarse para la regadera de inundación. El criterio a utilizar en el elección de la boquilla de esta regadera es el mismo anteriormente expuesto.

**REQUERIMIENTOS DE VACIO EN CAJAS DE SUCCION**  
**PARA FIELTROS**

Para lograr un alto rendimiento en el fieltro no solo se requiere de un sistema de regaderas, sino también de un sistema de vacío por medio de cajas de succión de parámetros bien definidos para remover el agua de acondicionamiento aplicada.

La tabla en la página de una guía para la selección del ancho de la ranura recomendada para distintas velocidades y permeabilidades de los fieltros y presenta la relación flujo de aire/vacío para las condiciones establecidas.

**FLUJOS DE AIRE Y CAIDAS DE PRESION ESTIMADAS PARA REMOVER  
EL VOLUMEN DE AGUA DE REGADERAS ADICIONADO A LOS FIELTROS  
A DISTINTAS VELOCIDADES Y CONFIGURACIONES DE LAS CUBIERTAS.**

CUBIERTA DE CAJA		Ranura de 1 x 4								Ranura de 2 x 4								Ranura de 2 x 6								Ranura de 2 x 16 (intermitente)							
		VELOCIDAD		2500		3500		4500		2500		3500		4500		2500		3500		4500		2500		3500		4500							
mp 1	mp 2	V*	V*	ΔP	V*	ΔP	V*	ΔP	V*	ΔP	V*	ΔP	V*	ΔP	V*	ΔP	V*	ΔP	V*	ΔP	V*	ΔP	V*	ΔP	V*	ΔP							
POSICIONES	Frente a la Cubierta	8	7	nuevo 35	9	11	14	14	17	10	9	12	12	14	14	12	7	14	9	16	11	15	5	17	7	14	8						
				viejo 7	3	15	4	14	6	22	3	17	4	15	5	18	4	9	4	11	5	13	4	7	4	8	6	14					
				nuevo 40	9	11	12	14	15	17	11	9	13	12	15	15	13	7	15	9	17	10	17	5	14	6	21	8					
		viejo 8	3	14	4	18	6	22	3	12	4	15	5	18	4	9	5	11	5	13	5	6	6	8	6	10							
		nuevo 45	10	11	13	14	16	17	12	9	14	11	17	14	14	7	17	9	19	10	18	5	21	6	21	7							
		viejo 9	3	14	5	18	7	21	4	11	5	14	6	17	4	9	5	11	6	13	5	6	6	8	7	10							
	Frente lateral	8	7	nuevo 20	6	12	4	16	10	19	6	10	8	13	10	15	8	9	10	10	11	13	6	11	7	11	8						
				viejo 4	2	16	3	20	5	24	2	13	3	16	4	20	3	10	3	12	4	15	1	7	1	9	4						
				nuevo 25	7	17	4	15	11	18	7	10	9	12	11	15	9	7	11	9	12	11	12	5	13	7	14	8					
		viejo 5	2	15	1	20	5	23	2	13	3	16	4	13	3	10	1	11	1	14	3	7	4	9	5	10							
		nuevo 30	8	12	10	15	13	18	9	9	10	12	13	14	12	7	12	9	14	11	13	5	17	7	17	10							
		viejo 6	3	15	4	19	6	23	3	12	4	15	5	18	4	9	4	12	5	15	4	7	4	8	5	10							
Frente lateral	8	7	nuevo 40	9	11	12	14	15	17	11	9	13	12	15	14	13	7	15	9	17	10	17	5	14	6	21	8						
			viejo 8	3	14	4	18	6	22	3	12	4	15	5	18	4	9	5	11	5	13	5	6	6	8	6	10						
			nuevo 70	14	10	18	13	22	16	8	19	11	23	13	20	6	23	8	26	10	26	5	30	6	33	7							
	viejo 14	5	13	6	17	8	20	5	11	6	14	8	16	8	7	10	8	12	7	6	8	7	10	9									
	nuevo 140	24	9	29	12	35	14	28	8	33	10	38	11	35	6	40	7	45	9	46	4	51	5	57	8								
	viejo 28	7	12	9	15	12	18	8	10	10	12	12	15	10	7	12	5	13	11	14	5	15	7	14	8								

NOTA: La tabla puede ser utilizada para dimensionar bombas de anillo líquido y sopladores de desplazamiento positivo. Los ventiladores centrífugos requieren de un trato distinto, debiéndose utilizar las ecuaciones de tubos de succión.

**SIMBOLOGIA UTILIZADA**

- mp 1 — Contenido de agua en el filtro antes de la caja de succión (lbs/agua/lb de filtro)
- mp 2 — Contenido de agua en el filtro después de la caja de succión (lbs/agua/lb de filtro)
- V\* — Permeabilidad del filtro (cm/impulso a 0.5 pulg de H<sub>2</sub>O)
- P — Vacío en pulg. de Mercurio
- V† — Cfm actuales a lo ancho del filtro

Los valores de la tabla calculados arriba para la adición de agua en regaderas se muestran en la Tabla 2.



## GLOSARIO DE TERMINOS

- 1.- BLOW-THROW: Vapor de recirculación.
- 2.- CELULOSA: Polisacarido lineal de alto peso molecular.
- 3.- FREENESS: El termino se define como la facilidad con la que el agua dreña de la fibra a través de una tela.
- 4.- OPACIDAD: Es una medida de la dificultad de la luz a través de un papel; la inversa, la transparencia es una medida de la facilidad de paso de la luz a través del papel.
- 5.- PASTA: La pasta es la mezcla de determinadas proporciones de materiales fibrosos y aditivos que se utilizan en la elaboración de papel.
- 6.- POTENCIAL "Z": Carga electrocinética de las fibras.
- 7.- REFINACION: Es un proceso mecánico al cual se sujetan las fibras algunas veces después del batido, o a veces independientemente de él. En la refinación, las fibras se peinan y con frecuencia se reducen de longitud por corto, con objeto de adaptarlas mejor para la formación sobre la máquina de papel.
- 8.- RESISTENCIA AL ESTALLIDO: De las pruebas más comúnmente efectuadas a la hoja de papel junto con la prueba de tensión, rasgado, elongación, volumen y opacidad entre otras.  

Esta prueba se efectúa midiendo la presión necesaria, para romper la muestra al ejercer la fuerza por medio de un líquido que comprime un diafragma de hule contra la muestra de papel sostenida firmemente en el cabezal de prueba.
- 9.- RESISTENCIA AL RASGADO: Es la resistencia que opone el papel al rasgado, como resultado del tratamiento que se le ha dado a las fibras que están formando parte de la estructura física del papel y de la mezcla celulósica que lo compone.
- 10.- RESISTENCIA A LA TENSION: Es la fuerza requerida para romper una tira de papel de determinadas dimensiones, puede ser en sentido longitudinal o transversal de la dirección de fabricación del papel.
- 11.- VANKEE: Secador indirecto continuo, cilindro de acero de 2.45 a 5.49 mts. o más de diámetro con su superficie altamente pulida a la que se adhiere la hoja de papel.

## BIBLIOGRAFIA

1. *El papel ¿que es en realidad?*  
Sr. Hans Unterbirker  
Reportaje Bayer.
2. *Propiedades y aplicación de productos de retención en la Industria papelera.*  
Dr. Gerhard Troemel  
Farbonfabriken Bayer AG Leverkusen
3. *Retención, Problemas y Agentes de Retención.*  
J. R. Nelson y MJ. Jursich  
Nalco Chemical Company
4. *Uso de Energía Térmica en una máquina de Papel Económica y eficiente*  
Donald Pohlman.  
Scott Paper Company
5. *Eliminación de Agua por Prensado y Secado.*  
Donal Pohlman  
Scott Paper Company
6. *Formación Prensado y Secado*  
T.N. Kershaw  
Scott paper Company
7. *Principios y calculos básicos de la Ingeniería Química*  
David M. Himmelblau  
C.E.C.S.A. 1980
8. *Chemical Engineers' Hand Boor*  
Hohn H. Perry  
Mc Graw - Hill