



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**BASES DE DISEÑO PARA LA INGENIERÍA  
BÁSICA DE UNA MÁQUINA DE PAPEL**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO QUÍMICO**

**P R E S E N T A:**

**HORACIO GRANADOS NIETO**



**DIRECTOR DE TESIS:  
M. en E. GENARO ALTAMIRANO GARCÍA**

Ciudad de México 2017



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	4
1. ANTECEDENTES.	5
1.1.- DESARROLLO HISTORICO PARA EL PROCESO DEL PAPEL.	5
1.2.- IMPORTANCIA ECONOMICA PARA EL PROCESO DEL PAPEL.	7
1.3.- PROCESO DEL PAPEL.	8
1.4.- ESTUDIO DE MERCADO.	11
1.4.1.- PERFIL ECONOMICO.	13
1.4.2.- MERCADO DE LA CELULOSA	18
1.4.3.- PROYECCIONES	25
1.5.- SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS	34
1.5.1.- DESCRIPCION PARA EL PROCESO DEL PAPEL.	45
1.5.1.1 SISTEMA REVERSO	45
1.5.1.2 SISTEMA CARA	46
2. BASES DE DISEÑO.	49
2.1.- GENERALIDADES.	49
2.2.- CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD	49
2.3.- ESPECIFICACIONES DE ALIMENTACION DE PROCESO:	50
2.4.- ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS.	50
2.5.- ALIMENTACIÓN A LA PLANTA	51
2.6.- CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS EN LÍMITES DE BATERÍA	51
2.7.- ELIMINACIÓN DE DESECHOS.	52
2.7.1 Normas y requerimientos respecto a la pureza de:	52
2.7.2 Sistemas preferidos de eliminación de desechos.	52
2.8.- INSTALACIONES REQUERIDAS DE ALMACENAMIENTO.	53
2.8.1.- Alimentaciones	53
2.8.2.- Productos	53
2.9 SERVICIOS AUXILIARES	53
2.9.1.- Vapor.	53

2.9.2.- Retorno de Condensado	54
2.9.3.- Agua de enfriamiento del proceso	54
2.9.4.- Agua para servicio y usos sanitarios	56
2.9.5.- Agua potable.	56
2.9.6.- Agua contra incendio.	57
2.9.7.- Agua para calderas.	57
2.9.8.- Agua de proceso	58
2.9.9.- Aire de instrumentos	59
2.9.10.- Aire de planta.	59
2.9.11.- Combustible.	59
2.9.12.- Análisis de energía eléctrica	60
2.9.13.- Alimentación de energía eléctrica de emergencia.	61
2.9.14.- Teléfonos	62
2.10.- Sistemas de Seguridad	62
2.11.- Temperatura y precipitación pluvial	63
2.12.- Localización de la planta	64
2.13.- Bases de diseño eléctrico.	65
2.14.- Bases de diseño para Tuberías	66
2.15.- Bases de diseño Civil.	67
2.16.- Bases de diseño para instrumentos.	68
2.17.- Bases para Diseño de Equipo.	69
CONCLUSIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	72
ANEXO 1	73

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de un proyecto en las plantas de proceso se fundamenta en la elaboración de la Ingeniería Básica y principalmente en las Bases de Diseño, que es el documento base y más importante para realizar el diseño completo de las plantas de proceso, y es una herramienta para las posteriores fases del desarrollo de un proyecto: la Ingeniería de Detalle, Procura y Construcción. El presente proyecto describe las bases de diseño utilizadas en la Ingeniería Básica de una Máquina Procesadora de Papel para el diseño de los equipos y sistemas auxiliares como fundamento principal involucrados del diseño para la instalación de esta Máquina Procesadora de Papel.

El presente trabajo es parte de un proyecto que se realizó a una empresa mexicana que se dedica a la producción de papel. El proyecto se realizó en el año 2001, pero en este reporte no se hace mención de la empresa que se trata.

En este reporte, en el capítulo 1 se incluyen los antecedentes del papel, el desarrollo Histórico del papel, su importancia, así como un estudio del mercado no muy minucioso, ya que no es lo esencial en este trabajo. Además se hace una breve descripción del proceso del papel así como de la Máquina Procesadora de Papel. En el Capítulo 2, se entra al cuerpo principal de la tesis, Las bases de diseño, donde se describe la capacidad de producción, tipo de papel, rendimiento y flexibilidad de la Máquina Procesadora de Papel, así como las especificaciones de alimentación y de los productos, las instalaciones requeridas de almacenamiento, servicios auxiliares, etc. Finalmente se plantean las Conclusiones.

### **Objetivo General.**

Realizar las Bases de Diseño para la Ingeniería Básica de una máquina procesadora de papel de una fábrica de una empresa mexicana, con una producción de papel *liner* y *médium* de 100 ton/día, las 24 horas del día durante 332 días del año

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1 DESARROLLO HISTORICO PARA EL PROCESO DEL PAPEL

En las culturas antiguas, durante generaciones incontables, las personas se comunicaban entre sí o se expresaban por medio de sonidos audibles o de símbolos visibles grabados en madera o en piedra, impresos en arcilla o pintados en los muros de las cuevas. Según progresó la sociedad, estos sonidos y signos se desarrollaron hasta formar un lenguaje; los símbolos se convirtieron en alfabetos y los registros de hechos importantes pudieron ser escritos de distintas formas.

**3000 a. C.** Los egipcios simplificaron la conservación de los registros con la introducción de las hojas de papiro (la palabra papel se deriva de “papiro”).

Los escribas mantuvieron registros manuscritos sobre pergamino y papel hecho a mano, sobre todo las clases dominantes.

**105 a. C.** En china se realizaba el proceso con trapo, fibra de corteza y bambú. Los trozos de bambú se remojaban durante más de 100 días, y después se hervían en una lechada de cal durante casi 8 días con sus noches, para liberar las fibras.

**En 751** ya en nuestra era, en Persia se inició el proceso del papel de la misma forma que en china.

**En 1200** en Europa, se industrializó, el proceso del papel por lo que la aceptación del papel y la difusión de su industria, se creó una escasez crónica del trapo empleado como materia prima y de esa forma la producción de pulpa de madera llegó para solucionar tal escasez.

**En 1500** la esperanza de tener una comunicación escrita para las masas apareció por vez primera con el nacimiento de la imprenta. Esto creó una demanda de papel, por lo que se investigaron con empeño tanto diversas variedades de fibras como métodos de procesamiento para ser usados en su manufactura.

**En 1719** la idea original, consistía en extraer fibra celulósica de los tejidos de la madera, entonces se enseñó que se puede hacer papel usando las fibras de plantas sin recurrir a los trapos y al lino.

**En 1780** la demanda de papel aumentó más allá de la capacidad de los trapos para llenar las necesidades, y las fibras de madera empezaron a hallar uso en la pulpa de papel.

**En 1800** los primeros días de las colonias norteamericanas, las fibras se obtenían de trapos.

**En 1839** en Francia se demostró que una sustancia fibrosa, llamada celulosa se puede aislar mediante el tratamiento de la madera con ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ).

**En 1853**, se inicia a utilizar los primeros procesos de blanqueo método *Kraft*, sulfatación, procesos con sosa, etc.

**En 1892** se descubrió el *Xalato* de celulosa el cual presenta la forma de una solución viscosa de la que puede regenerarse la celulosa como una fibra continua (rayón) o como película (celofán).

**En 1911** El desarrollo de los procesos industriales para la producción de rayón para telas y en hoja de celofán, llevó al desarrollo de la industria de pulpa para disolución. Los derivados químicos de la celulosa, se obtenían utilizando trapos purificados o borras de algodón.

Durante todo este siglo, la industria de la pulpa y el papel, ha crecido aumentando su demanda por lo que podría desafiar la demanda de los productos del acero. Actualmente las técnicas de blanqueo, proceso, equipo, tratamiento, han sido innovados u optimizados con la finalidad de mejorar dichos procesos, dentro de la producción.

## **1.2 IMPORTANCIA ECONOMICA PARA EL PROCESO DEL PAPEL**

El desarrollo de la pulpa para disolución a partir de madera, ha traído como consecuencia a disposición una fuente relativamente barata y pura de celulosa, como materia prima para la expansión de la industria química.

Los avances industriales implican el aislamiento, la modificación y la aplicación de la celulosa bajo la forma de un polímero fibroso o estructural. El hecho de que el material celulósico pueda ser hidrolizado hasta sus azúcares componentes y ser utilizado como fuente de alimentos, alcohol y productos químicos industriales, ha creado otro tipo de oportunidades industriales. Esta posibilidad se ha explorado repetidas veces, pero puesta en práctica únicamente por la economía controlada de la Unión Soviética y por Japón (siendo estos los países más industrializados) durante las dos guerras mundiales, debido a que en estas épocas no se podía cultivar y tenían que utilizar la madera como un medio para satisfacer sus necesidades, ya que de la celulosa se puede obtener los productos antes mencionados.

Esta técnica no es muy utilizada debido a que el proceso es muy costoso, y lo que se espera en un futuro es obtener estos productos de una manera más eficiente y a un menor costo.

Casi todo el papel se deriva actualmente de la madera, y aproximadamente la mitad del peso de la madera llevada a las plantas de pulpa es celulosa.

La creciente demanda de alimentos, productos químicos, y combustible, así como las limitaciones en el abastecimiento de petróleo, han dado gran relevancia al problema de la conservación y uso eficiente de los materiales celulósicos.

La investigación acerca de la conversión de los materiales celulósicos en una amplia variedad de productos químicos es cada vez mayor. Como se utiliza únicamente parte de la cosecha anual de material celulósico producido por los bosques y las áreas agrícolas, la conversión de este material en alimentos y productos químicos puede llegar a ser una solución fundamental a los problemas de abastecimiento de dichos productos.

### 1.3 PROCESO DEL PAPEL

El papel y el cartón de desperdicio constituyen una fuente importante de materia prima para la industria papelera, estos desperdicios son clasificados y seleccionados entre los diferentes grados, y sus precios determinan como se reprocesan, así como el tipo de hoja producida y su costo.

Hay alrededor de 40-50 grados que varían en calidad, desde los recortes limpios de un papel convertido hasta periódicos y bolsas de papel usadas. El grado más bajo no se clasifica.

La materia prima se reduce a lechada por agitación con agua caliente en un tanque de mezclado llamado (*Hidropulper*). Las cuerdas, alambres, pinzas para papel y desechos variados, se separan en estos puntos (ver ANEXO 1).

Si el material es papel impreso y la pulpa terminada debe ser equivalente a la pulpa virgen, debe despintarse. Esta operación incluye el calentamiento del material alrededor de 65° C y la adición de agentes químicos que liberen la tinta de la fibra.

Después de esto, el material es tamizado y lavado, en lavadores de balcón. En este punto, la arcilla y otros rellenos, que pueden constituir tanto como el 15% del peso de la materia prima, se separan y sacan del sistema con la tinta. Estos desechos separados presentan un difícil problema de disposición puesto que se trata de sólidos difíciles de desecar. La torta desecada puede usarse como relleno de terrenos, lo que todavía puede presentar problemas ya que los lugares para entierro, cerca de las plantas, están volviéndose escasos.

La pulpa de fibra secundaria va directamente a una máquina de cilindro para la manufactura del medio *corrugante*; el tipo de tamices, *espesadores* y lavadores se usan en el procesamiento de papel o cartón recuperado y en la planta de procesamiento de pulpa virgen.

La pulpa terminada se manda a la planta papelera para ser convertida en papel o cartón. El agua de dilución proveniente de una fosa, reduce la consistencia de la pulpa hasta menos de 1% y con frecuencia, baja a 0.5%, adelante de la máquina procesadora de papel. Para convertir esto en

la hoja de papel terminada, debe reducirse entre el 99 y el 99.5% del agua para producir una hoja que contenga, por lo general, menos del 6% de agua.

La manera menos costosa de quitar agua de la pulpa es por drenaje a través de un tamiz o alambrada. A partir de ahí, el agua es quitada, primero por vacío, después por prensado, luego por la acción de prensado y secado de una capa de fieltro, y finalmente por evaporación pasando la hoja de papel sobre una multitud de cilindros o tambores calentados con vapor, también llamados secadores.

Existen dos tipos más comunes de máquina procesadora de papel: *fourdrinier* (contienen mesa de formación) y tipo YANKEE (Un solo rodillo).

Para la máquina *fourdrinier*, el agua que escurre a través de la correa sin fin de alambre es colectada en una fosa y regresada al punto de alimentación en un valor constante. Se pueden añadir agentes químicos acondicionadores al material en la caja de distribución para producir ciertas cualidades desecadas en la hoja de papel. Puesto que el agua de la fosa de alambrada, llamada agua blanca, se recircula continuamente, la adición de sustancias químicas solubles, tiene como consecuencia un aumento gradual en los sólidos disueltos en el agua blanca.

La hoja de papel que sale de la máquina *fourdrinier*, llamada tejido húmedo, puede contener entre 2 y 4 lb de agua por libra de fibra (33-20% de consistencia). Tiene muy poca fuerza, por lo que es necesario un balance muy delicado entre la salida de la máquina *fourdrinier* y el paso por los rodillos prensadores para evitar que el tejido húmedo se rompa. La hoja de papel sale de la sección de fieltros con un contenido de humedad de sólo 20-40% y la larga serie de rodillos secadores evaporan esta humedad enviando la hoja de papel a una serie final de satinadores para suavizarla, y después al enrollador como producto terminado con un contenido de humedad de menos del 6%.

El papel se trata en una prensa de tamaño especial, localizada en algún punto a medio camino entre las terminales de los rodillos secadores.

Los servicios auxiliares como la planta de pulpa, a veces se instalan limpiadores centrífugos en el sistema de la máquina procesadora de papel para purificar el agua blanca reciclada.

El equipo de seguridad usado para recuperar fibra del agua blanca en exceso es el clarificador de flotación de aire disuelto. En una unidad de este tipo es usual una reducción de fibra suspendida desde una concentración de 200-300 mg / l hasta residuos de 25-50 mg / l; así se produce material flotante de una consistencia de aproximadamente 5%.

Otro tipo de máquina procesadora de papel es la de cilindro formador, y se usa con frecuencia para la producción de grados más pesados de cartón. La hoja de cartón terminada que sale de la máquina de cilindro formador se procesa, en forma semejante a la hoja de papel que sale de la *fourdrinier*, por una batería de rodillos secadores calentados con vapor. El cartón más pesado puede desecarse en un solo tambor secador.

En ambos tipos de máquina procesadora la hoja de papel debe recortarse a un ancho exacto, de acuerdo con las necesidades del cliente, y los recortes se juntan para ser reprocesados hasta convertirlos en pulpa. Este material y la *pedacería* o merma, (término que se refiere al producto en exceso que no pueda ser manejado en el rollo), se alimentan a un batidor, donde se mezclan con agua blanca para producir una pulpa de consistencia tal que pueda regresarse a la planta de pulpa o mantenerse almacenada hasta que se pueda retornar al sistema de la máquina procesadora de papel.

## 1.4 ESTUDIO DEL MERCADO

La industria de la celulosa y el papel contribuyo en un 2% dentro del producto del P.I.B manufacturero, mientras que del P.I.B industrial represento 1.5% comparativamente con 1998 el P.I.B. del sector celulósico papelerero resultó con un incremento del 3.6%.

Al examinar los resultados de la producción de la celulosa durante 1999, respecto al año anterior, se observa un incremento de 3.4% representando 18 mil toneladas. Por rubros estos incrementos se dieron en; sulfato fibra corta con un 11.0%, plantas anuales blancas 7.1% pasta termomecánica 57.1% y pasta químico termomecánica que empieza de nuevo a producirse. Por el contrario reflejan decrementos sulfato fibra larga con 9.3% y de sulfato sin blanquear 26.3%.

En cuanto al consumo total de materiales fibrosos para la fabricación de papel en 1999, se observa que la composición fibrosa continúa con una producción mayor de fibras secundarias, las cuales representan el 78.5% del consumo total de fibras y el restante 21.5% corresponde a fibras vírgenes.

La participación de la composición de fibras totales que se emplean para la producción de papel se integra de la siguiente manera (ver tabla 1.1):

**Tabla 1.1 CONSUMO DE MATERIALES FIBROSOS**

<b>Concepto</b>	<b>% del Total</b>	
	<b>1999</b>	<b>1998</b>
Fibras vírgenes nacionales	13.5	11.6
Fibras vírgenes importadas	8.0	8.4
Total de Fibras vírgenes	21.5	20
Fibras secundarias nacionales	52	50
Fibras secundarias importadas	26.5	30
Total de fibras secundarias	78.5	80
Total	100	100

El continuo incremento en el uso de la fibra secundaria para la producción de papel, sitúa a México dentro de los primeros lugares a escala mundial en el reciclado.

Por lo que toca la producción de papel durante 1999, respecto al mismo periodo del año anterior, se observa un incremento del 3.3% equivalente a 121 mil toneladas.

Básicamente este crecimiento es producto de la reactivación del mercado interno. En cuanto a las exportaciones éstas observan un decremento del 2.4%, como consecuencia de la sobrevaluación de la moneda y las importaciones continúan con su tendencia ascendente al incrementarse en un 21.6% respecto del año 1998, situándose en un volumen de 1 millón 397 mil toneladas, representando el 37% de la producción nacional, resultando con esto un repunte en la demanda interna de 8.2%.

La producción por tipos de papel para 1999 se integra en la siguiente tabla

**Tabla 1.2 PRODUCCIÓN DE PAPEL EN EL AÑO DE 1999**  
(MILES DE TONELADAS)

	1999	1998	VAR.% 1999/1998
PERIODICO	240.4	311.5	-22.8
ESC. E IMP.	699.6	619.8	12.9
S.B.E	237.4	247	-3.9
CAJAS	1,585.4	1,524.9	4.0
CARTONCILLO	345.1	321.6	7.3
S. Y F. <sup>2</sup>	661.5	621.6	6.4
ESPECIALES	21.4	23.0	-7.0
TOTAL	3790.6	3,669.4	3.3

En cuanto a las importaciones de los diferentes tipos de papeles para 1999, se observa un crecimiento del 21.6% respecto de 1998, inducido principalmente por papel prensa (ver Tabla 1.3).

**Tabla 1.3 IMPORTACIONES TOTALES 1999**  
(MILES DE TONELADAS)

	1999	1998	VAR.% 1999/1998
PERIODICO	172.2	106.4	61.8
ESC. E IMP.	297.2	267.4	11.1
S.B.E	49.6	52.5	-5.5
CAJAS	253	358.2	17.6
CARTONCILLO	57.9	45	28.7
S. Y F. <sup>2</sup>	98	73	34.2
ESPECIALES	48.5	37.9	28.0
TOTAL	1,397.6	1,149.4	21.6

En el caso de las exportaciones estamos señalando un decremento del 2.4% derivado fundamentalmente de la pérdida de competitividad que implica el haber contado con un peso sobrevaluado.

#### **1.4.1 PERFIL ECONOMICO**

Durante 1999 el Producto Interno Bruto (a precios de 1993) del sector celulósico papelerero registro un incremento del 4.6%. Este sector represento 0.4% del PIB Nacional; 1.6% del industrial y 2.1% del manufacturero. La capacidad instalada para la producción de celulosa en 1999 represento 758 mil toneladas, mientras que la capacidad instalada para la fabricación de papel fue de 4 millones 428 mil toneladas.

El total de la capacidad de fabricación de celulosa y del papel, se distribuye en 64 plantas y 18 entidades incluyendo en el D.F., dando empleo directo a 27,937 personas.

**Tabla 1.4 CAPACIDAD INSTALADA DE FABRICACION  
DE CELULOSA Y PAPEL**

ESTADO	 CELULOSA PAPELERO GRADO NO	 PAPEL Y CELULOSA	 PAPEL	TOTAL
Baja California Norte	-	-	1	1
Chihuahua	-	1	1	2
Coahuila	-	-	3	1
Distrito Federal	-	-	7	7
Durango	-	1	-	1
Guanajuato	-	-	1	1
Jalisco	-	1	3	4
México	-	-	20	5
Michoacán	-	1	1	2
Morelos	-	-	1	1
Nuevo león	-	-	6	6
Oaxaca	-	1	-	1
Puebla	-	-	2	2
Querétaro	-	-	2	2
San Luís Potosí	-	-	4	4
Sonora	-	-	1	1
Tlaxcala	-	-	3	3
Veracruz	-	2	1	20
TOTAL	0	7	57	64

**Tabla 1.5 EXPORTACIONES TOTALES 1999**

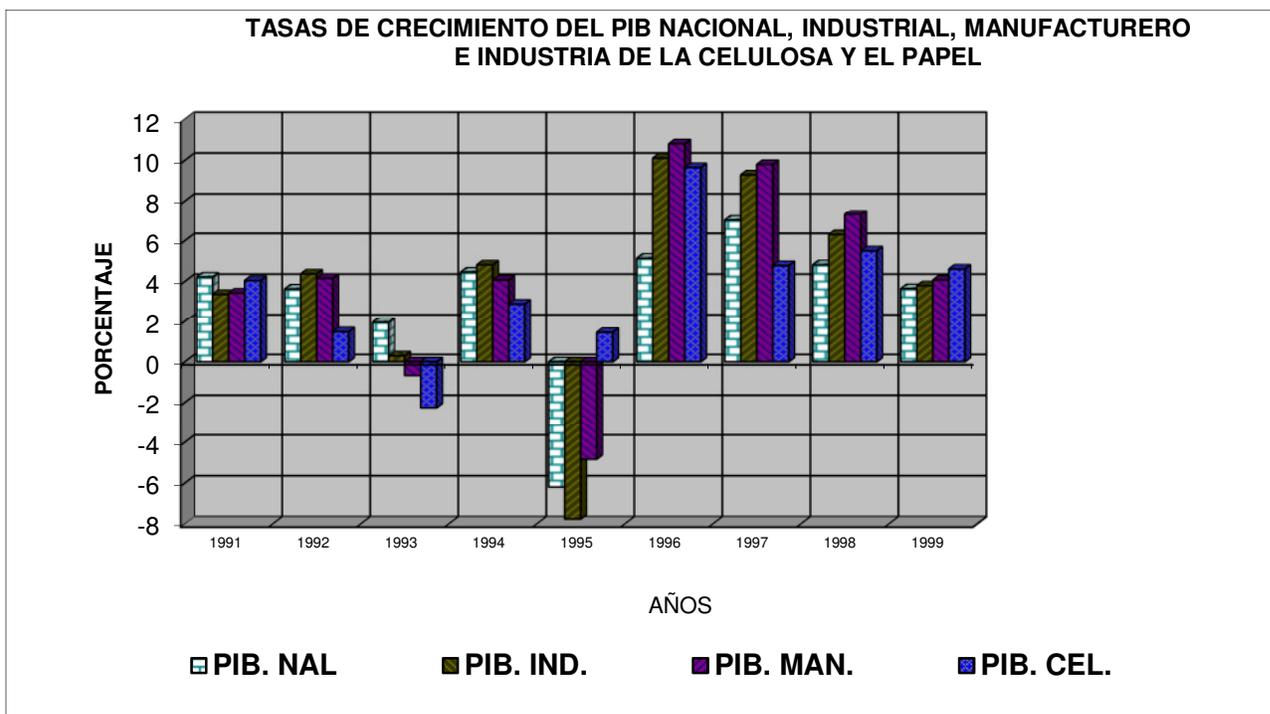
(MILES DE TONELADAS)

	1999	1998	VAR.% 1999/1998
PERIODICO	31.3	63.6	-50.8
ESC. E IMP.	17.3	24.8	-30.2
S.B.E	7.2	12	-40.0
CAJAS	40	14.3	179.7
CARTONCILLO	35.6	32.6	9.2
S. Y F. <sup>2</sup>	90.2	79.6	13.3
ESPECIALES	2.4	2.6	-7.7
TOTAL	224	229.5	-2.4

**Tabla 1.6 TASAS DE CRECIMIENTO DEL PIB NACIONAL, INDUSTRIAL, MANUFACTURERO E INDUSTRIA DE LA CELULOSA Y DEL PAPEL.**

AÑOS	P.I.B NACIONAL (%)	P.I.B. INDUSTRIAL (%)	MANUFACTURERO P.I.B. (%)	P.I.B. IND. DE LA CELULOSA Y DEL PAPEL
1991	3.63	4.37	4.37	1.48
1993	1.95	0.29	0.29	-2.25
1994	4.46	4.81	4.81	2.89
1995	-6.19	-7.75	-7.75	1.45
1996	5.14	10.11	10.11	9.65
1997	7.01	9.29	9.29	4.78
1998	.82	6.30	6.30	5.50
1999	3.65	3.79	3.79	4.61

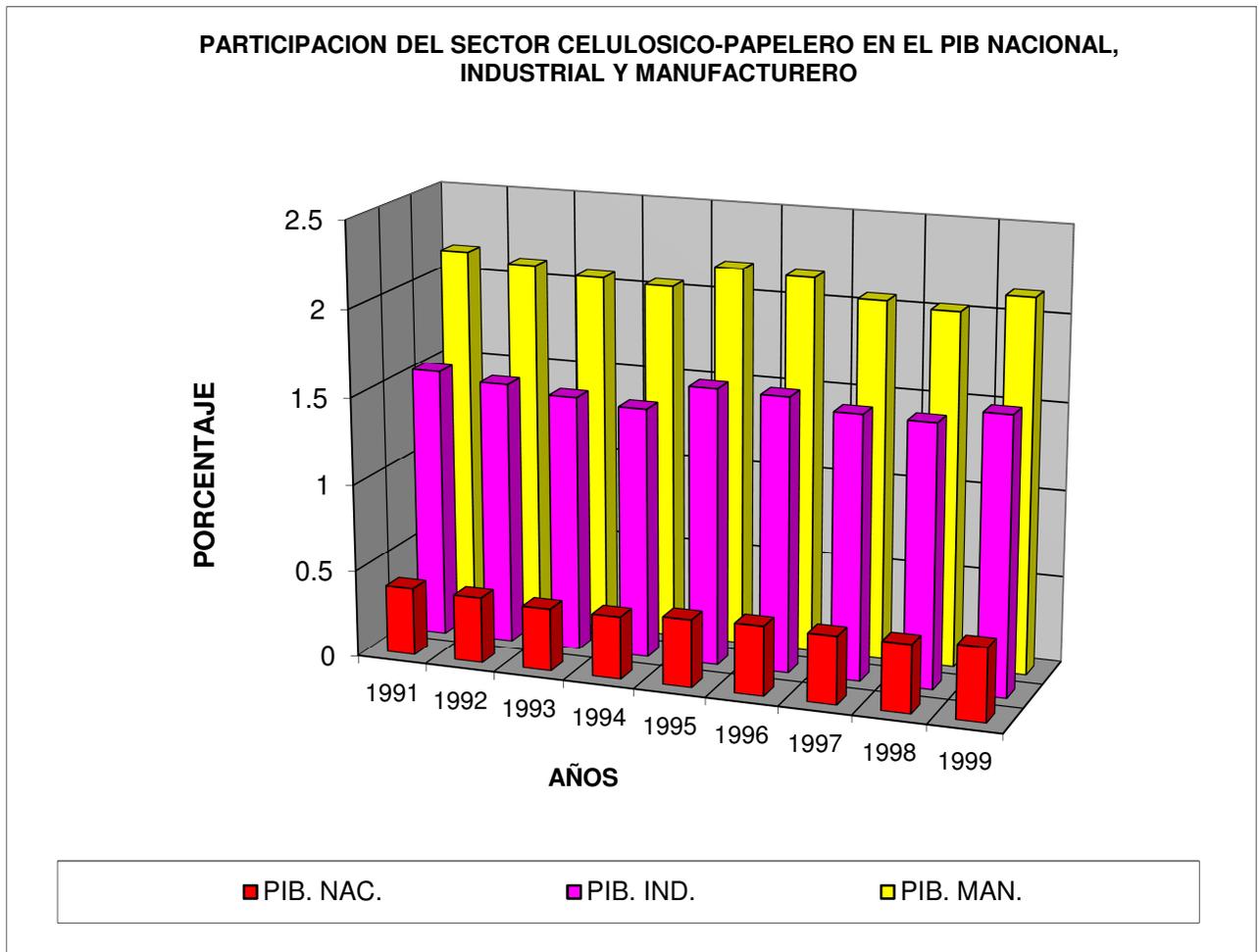
**Gráfica 1.1**



**Tabla 1.7 PARTICIPACIÓN DEL SECTOR CELULÓSICO-PAPELERO  
EN EL PIB NACIONAL, INDUSTRIAL Y MANUFACTURERO**

AÑOS	P.I.B. NACIONAL (%)	P.I.B. INDUSTRIAL (%)	MANUFACTURERO P.I.B. (%)
1991	0.39	1.55	2.16
1992	0.38	1.51	2.11
1993	0.36	1.47	2.07
1994	0.36	1.44	2.05
1995	0.39	1.59	2.18
1996	0.40	1.58	2.16
1997	0.39	1.52	2.06
1998	0.39	1.51	2.03
1999	0.42	1.59	2.14

**Gráfica 1.2**

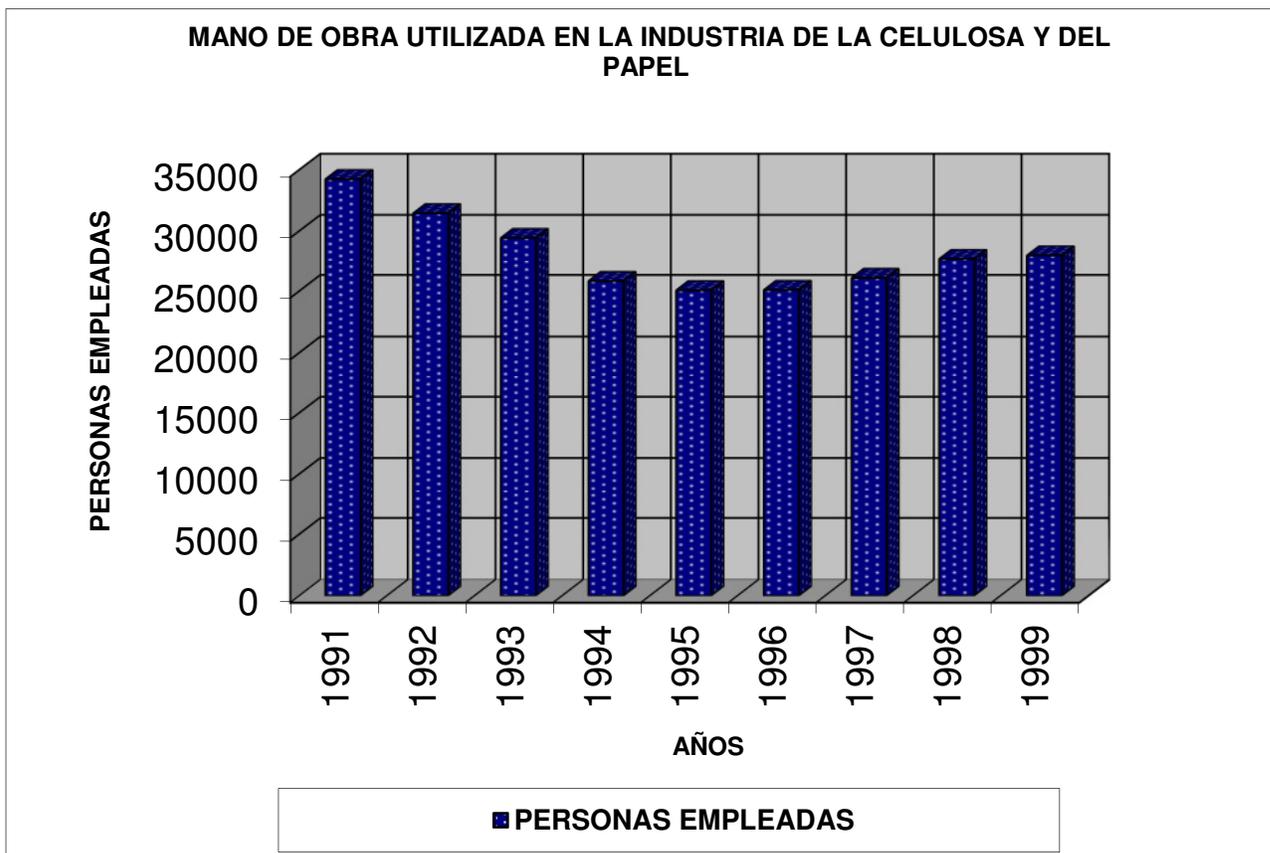


**Tabla 1.8 MANO DE OBRA UTILIZADA EN LA INDUSTRIA DE LA CELULOSA Y DEL PAPEL.**

CONCEPTO	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Mano de obra Directa ocupada	34,056	34,228	31,437	29,422	25,803	25,079	26,054	27,701	27,987

FUENTE: Datos de las fábricas de la industria de la celulosa y del papel

Gráfica 1.3



#### 1.4.2. MERCADO DE LA CELULOSA

En 1999 respecto al año anterior, se observa un incremento marginal del 3.4% representando 18 mil toneladas. Por rubros estos incrementos se dieron en: sulfato fibra corta con un 10.8%, plantas anuales blancas 6.9%, pulpa termomecánica 59.9% y pulpa químico termomecánica que empieza de nuevo a producirse, alcanzando 26 mil toneladas en 1999. Por el contrario reflejan decrementos sulfato fibra larga con 9.9% y sulfito sin blanquear 26.8%. El índice de recolección de fibras secundarias. (Definido como el cociente de consumo de fibras entre el consumo aparente de papel), fue del 46.1%, que es marginalmente inferior al del mismo periodo del año anterior. El consumo total de materias fibrosas para la producción de papel creció 3.3%, la mezcla fue de 21.3% de fibra virgen y 78.7% de fibra secundaria.

**Tabla 1.9 APROVECHAMIENTO PORCENTUAL DE LA CAPACIDAD INSTALADA PARA LA FABRICACIÓN DE CELULOSA <sup>1</sup>**

(Miles de toneladas métricas)

TIPOS	1991	1992	1993	1994 <sup>2</sup>	1995	1996	1997 <sup>2</sup>	1998 <sup>2</sup>	1999
<b>MADERA BLANQUEADA</b>									
Capacidad Instalada	262	248	268	269	245	245	245	215	245
Producción	181.1	183.6	120.4	85.4	191.5	211.3	209	210	217
Aprovechamiento porcentual (%)	69.1	74	44.9	31.7	78.2	86.2	85.3	88.2	88.7
<b>MADERA SIN BLANQUEAR</b>									
Capacidad instalada	232	226	195	195	200	200	200	200	200
Producción	178.3	96.7	88.4	74.2	86.2	112.9	93.3	114.2	83.6
Aprovechamiento porcentual (%)	76.9	42.8	45.3	38.1	43.4	46.5	46.7	57.1	41.8
<b>PLANTAS ANUALES BLANQUEADAS</b>									
Capacidad instalada	303	314	304	230	230	230	216	198	206
Producción	235.3	239.2	121.3	116.7	122.6	153.9	134.2	182.1	194.7
Aprovechamiento porcentual (%)	77.7	76.2	39.9	50.7	53.3	66.9	62.1	91.9	94.5
<b>PLANTAS ANUALES SIN BLANQUEAR</b>									
Capacidad instalada	3	3	3	0	0	0	0	0	0
Producción	1.8	1	0.1	0	0	0	0	0	0
Aprovechamiento porcentual (%)	60	33.3	3.3	0	0	0	0	0	0
<b>PULPAS MECANICAS <sup>3</sup></b>									
Capacidad instalada	281	281	281	281	281	281.4	115.2	107	107
Producción	108.6	39.3	13.4	0	19.6	33.2	5.6	18.9	43.2
Aprovechamiento porcentual (%)	38.6	14	4.8	0	7	11.8	4.9	12.9	45.4
<b>TOTAL</b>									
Capacidad instalada.	1081	1072	1051	975	956	956.4	776.2	750	758
Producción	705.1	559.8	343.6	276.3	420.5	511.3	442.1	526.2	544.1
Aprovechamiento porcentual (%)	65.2	52.2	32.7	28.3	44	53.5	57	70.2	71.8

<sup>1</sup> Revisión anual por parte de empresas asociadas y comisión de planeación y Estadística de C.N.I.P.

<sup>2</sup> La disminución en la capacidad instalada obedece principalmente al cierre de operaciones de algunas empresas

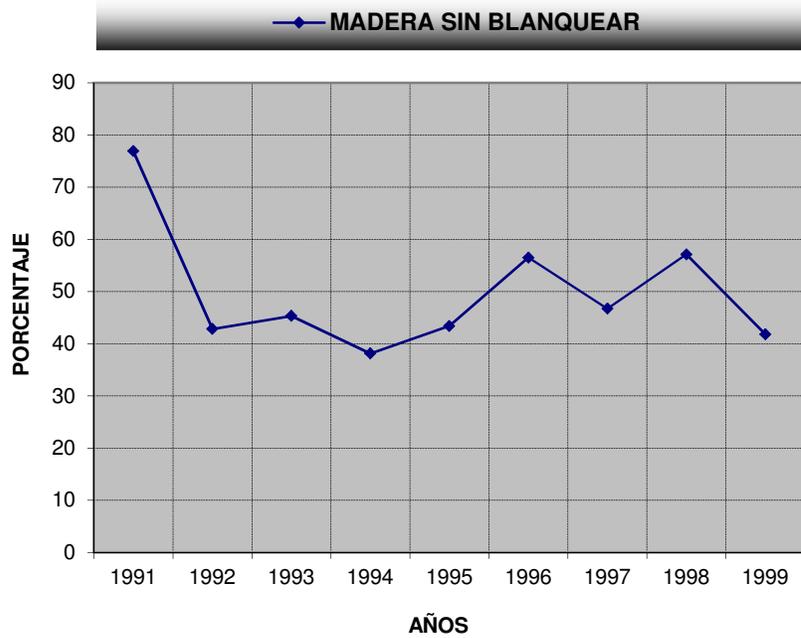
<sup>3</sup> En el año 1995 se incluye pulpas mecánicas de madera, termomecánica y químico-termo mecánica. En 1995 – 1996 no hubo producción de pulpa termomecánica y a partir de 1997 se empieza a producir esta última.

FUENTE: Datos de las fábricas de la industria de la celulosa y del papel.

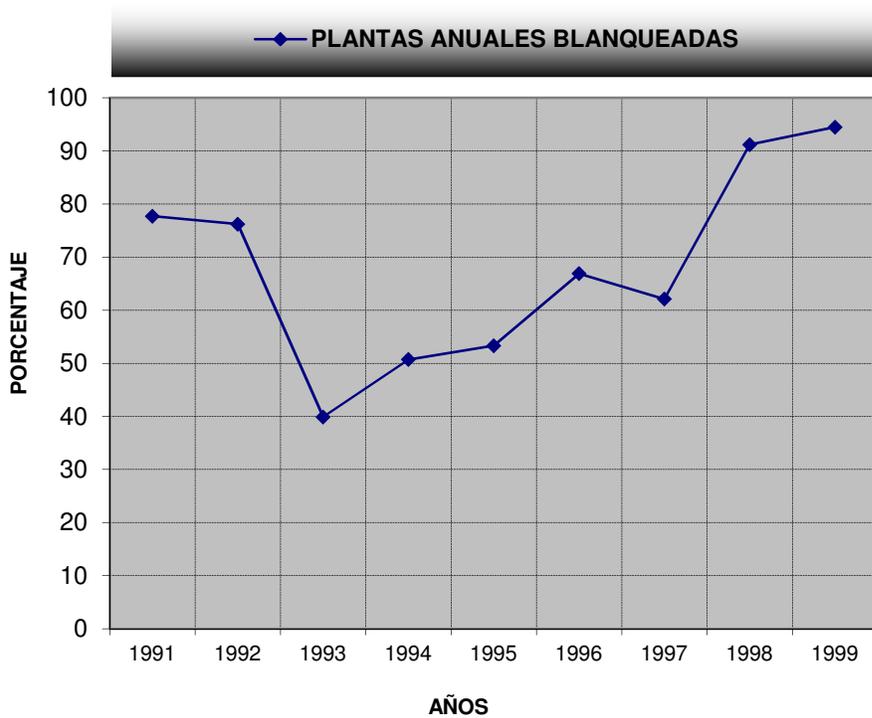
# APROVECHAMIENTO PORCENTUAL DE LA CAPACIDAD INSTALADA PARA LA FABRICACIÓN DE CELULOSA

Gráfica 1.4

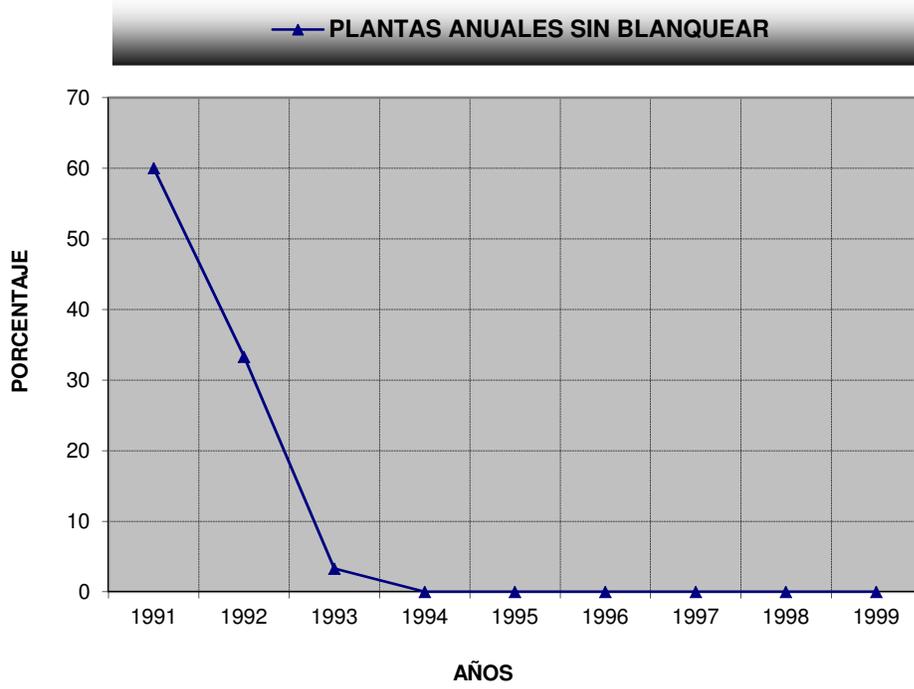
Gráfica 1.4 a



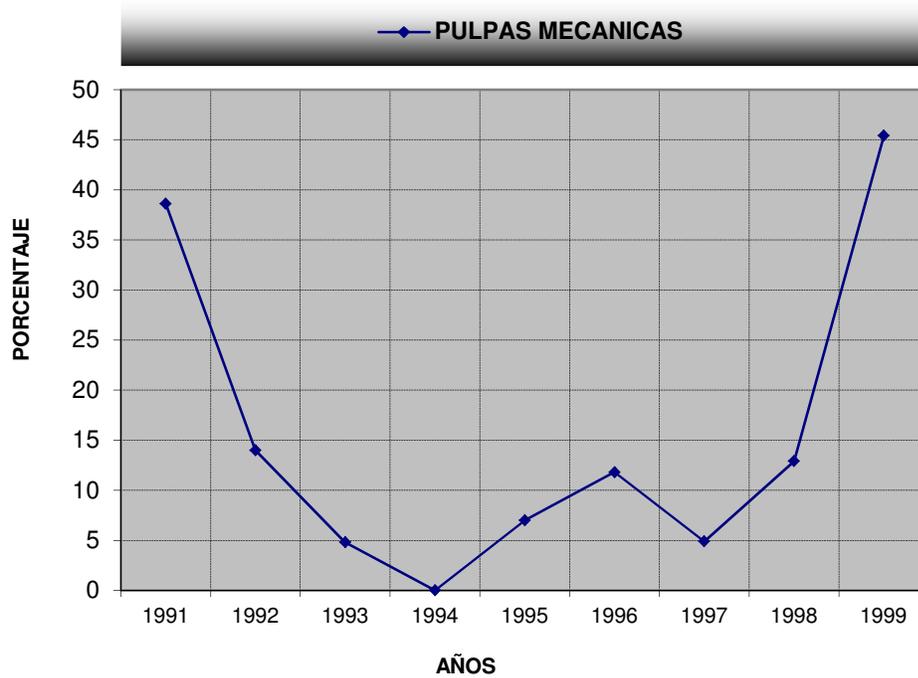
Gráfica 1.4 b



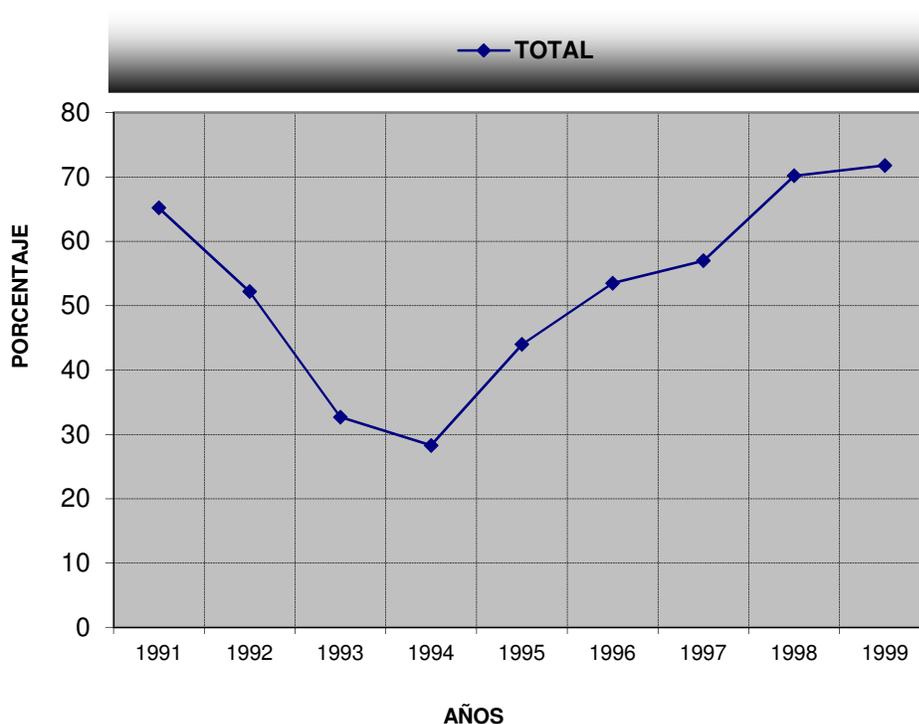
Gráfica 1.4 c



Gráfica 1.4 d



**Gráfica 1.4 e**

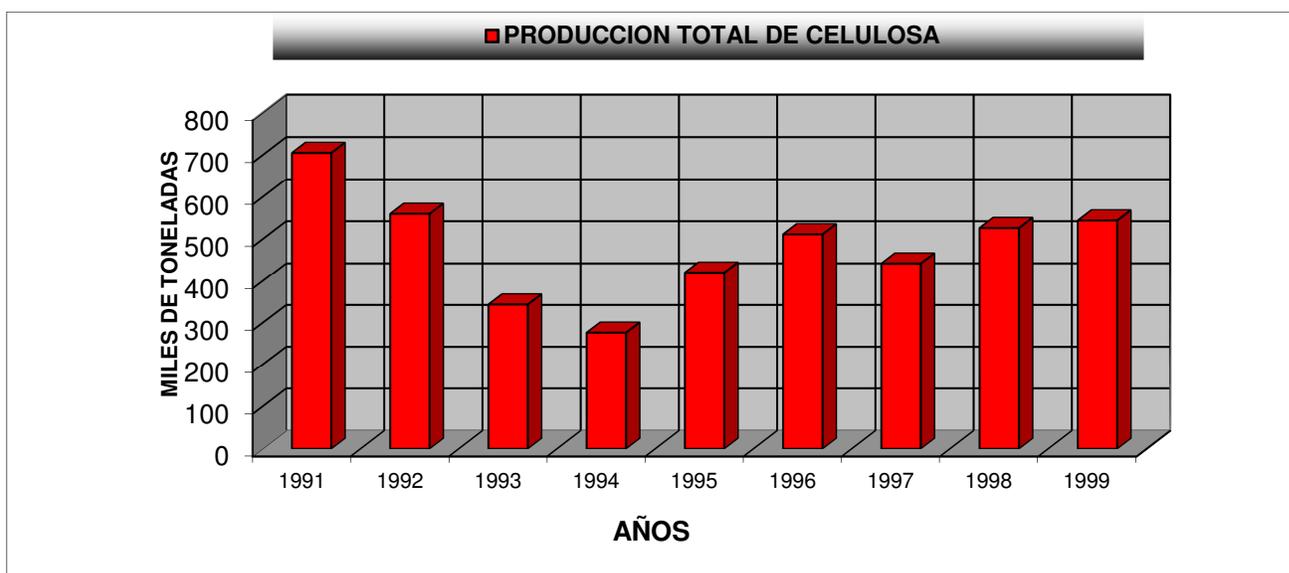


**Tabla 1.10 PRODUCCIÓN TOTAL DE CELULOSA**  
(Toneladas Métricas)

	A Ñ O S								
CONCEPTO	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Producción Tn.	705,11	559,783	343,571	276,320	420,525	511,307	442,121	526,244	544,126
Variación Tn	-66.734	-145.328	-216,212	-67,251	144,205	90,782	-69,186	84,123	17,882
Variación (%)	-8.6	-20.6	-38.6	-19.6	52.2	21.6	-13.5	19	3.4

- No está considerado 14,186 y 11,750 toneladas de celulosa de borra de algodón en 1991, debido a que gran parte de esta producción no se destina a la fabricación de papel.

**Gráfica 1.5**



### PRODUCCIÓN DE PAPEL

La producción total durante 1999, respecto al mismo periodo del año anterior, se observa un crecimiento de 3.4% equivalente a 127 mil toneladas, producto de la reactivación del mercado interno. Por rubros estos incrementos fueron en escritura e impresión 12.7%, papel para cajas 4% cartoncillo 7.3% y sanitarios y faciales 6.4%. Por el contrario reflejan decrementos periódico 20.6%, sacos bolsas y envolturas 3.9% y especiales 6.5%.

### PRODUCCIÓN PARA EL SECTOR EXTERNO.

Durante 1999, el volumen de importaciones de materias primas fibrosas, disminuyó a 1 millón 855 mil toneladas y no se registraron exportaciones de celulosa en este año.

Por su parte las exportaciones de papel reflejan un incremento marginal del 0.4%, totalizando en volumen 230 mil toneladas. En cuanto hace a las importaciones éstas fueron por 1 millón 398 mil toneladas, que representan un incremento de 21.6%, respecto a 1998.

**Tabla 1.11 IMPORTACIÓN TOTAL DE PAPEL POR TIPOS**

(Toneladas Métricas)

CONCEPTO	1991	1992	1993	1994	1995 <sup>4</sup>	1996	1997	1998	1999
Periódico y libros <sup>3</sup> subtotal	79,764	140,426	163,288	228,430	80,791	60,733	107,834	106,432	172,153
Escritura e Impresión Couche <sup>1</sup>	41,411	53,573	56,664	82,021	52,601	51,306	55,799	54,177	79,237
Tarjetas Perforadas	223	229	65	56	18	262	351	450	1,090
Cheques y Billetes	1,992	1,769	2,011	1,040	1,033	1,124	1,457	1,402	1,661
Escritura e Impresión	93,629	106,846	156,236	274,486	114,771	148,006	206,808	211,361	215,255
Subtotal	137,255	162,417	214,976	357,603	168,423	200,698	264,415	267,390	297,243
Empaque Cartoncillo <sup>2</sup>	16,034	19,198	12,376	12,495	13,965	32,293	54,367	44,973	57,844
Comestibles	42,109	62,849	82,371	59,808	32,351	44,073	73,004	73,048	98,006
Kraft con peso superior a 160g	35,188	30,750	38,212	62,501	80,919	142,681	213,211	281,739	330,067
Kraft con peso Inferior a 160g Empaques	1,230	10,408	14,888	13,779	14,974	13,156	18,410	24,070	32,886
Subtotal	163,120	209,825	261,70	248,208	212,909	313,983	448,029	528,882	626,698
Sanitario y Facial	9,760	13,568	34,10	46,067	23,014	36,997	20,561	37,926	48,524
Uso especial	124,699	82,611	109,289	180,437	158,896	145,857	182,119	209,027	253,027
Total	514,59	608,84	783,35	1,060,7	644,033	758,268	1,022,9	1,149,4	1,397,6

1. Incluye papeles, cartulinas y cartoncillos.
2. Incluye dúplex y multiplex, a partir de 1993 se desagregaron de este concepto que corresponde a cartoncillo para líquidos comestibles.
3. No existe la posibilidad de desglosar el papel para periódico y papel para libro de texto
4. A partir de 1995 se reciclaron algunas partidas de acuerdo al análisis efectuado por la comisión de planeación y estadística.
  - Incluye definitivas y temporales.

### 1.4.3 PROYECCIONES

Para los próximos cinco años, se espera que para el año 2004, el consumo aparente del papel crecerá en 1 millón 602 mil toneladas respecto de 1999, estimando alcanzar 6 millones 565 mil toneladas, así como un incremento en la capacidad instalada para la producción de papel de 755 mil toneladas para esa misma fecha, alcanzando una capacidad estimada de 5 millones 183 mil toneladas en el año 2006.

En el año 2006 para satisfacer 5 millones 361 mil toneladas de materias primas fibrosas, se debe de incrementar 976 mil toneladas respecto de 1999.

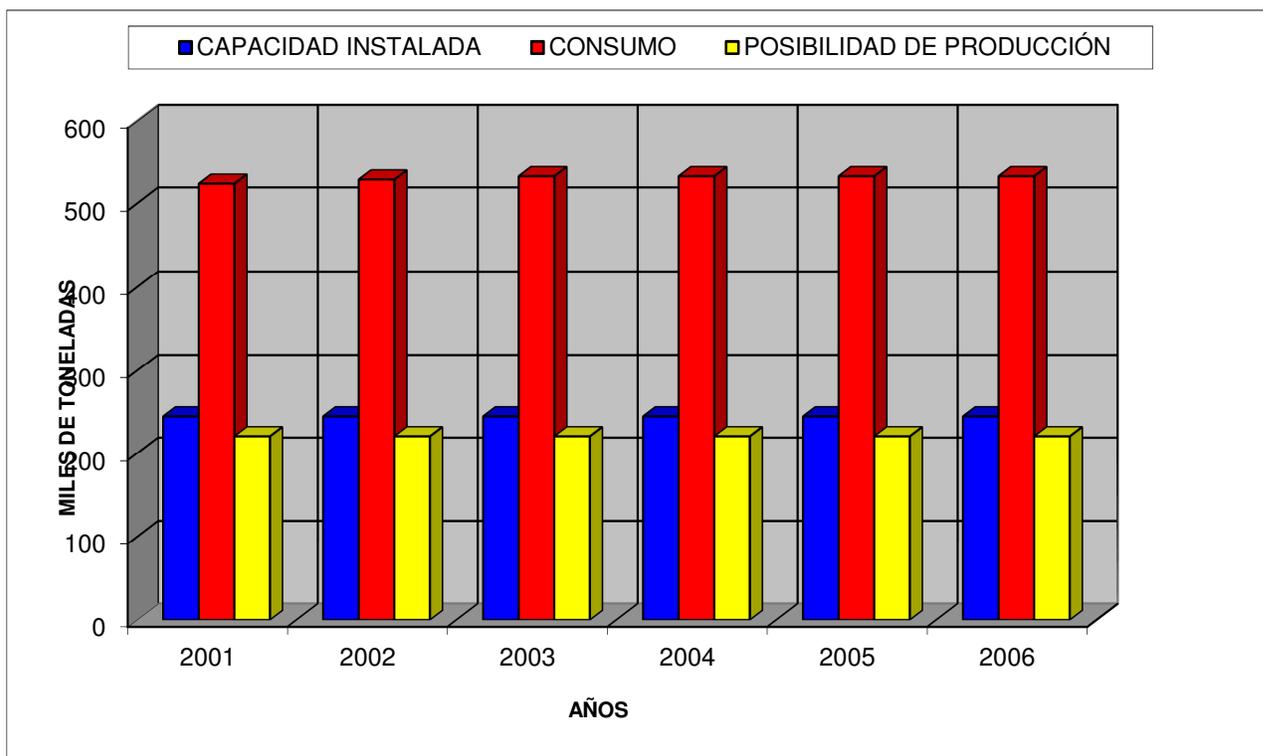
**Tabla 1.12 CAPACIDAD INSTALADA, CONSUMO Y POSIBILIDAD DE PRODUCCIÓN CELULOSA QUÍMICA DE MADERA BLANQUEADA**  
(Miles de toneladas)<sup>1</sup>

CONCEPTO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Índice de Crec. Comp. 1999-2006
Capacidad Instalada	245	245	245	242	245	245	0.8%
Consumo	525	530	534	534	534	534	
Posibilidad de Producción	221	221	221	221	221	221	

-Las cifras de consumo del 2001 al 2006 supone los requerimientos de fibra virgen para satisfacer el consumo interno de papel, hasta el límite de las posibilidades de producción de este último.

<sup>1</sup> Incluye fibra larga y corta.

**Gráfica 1.6**



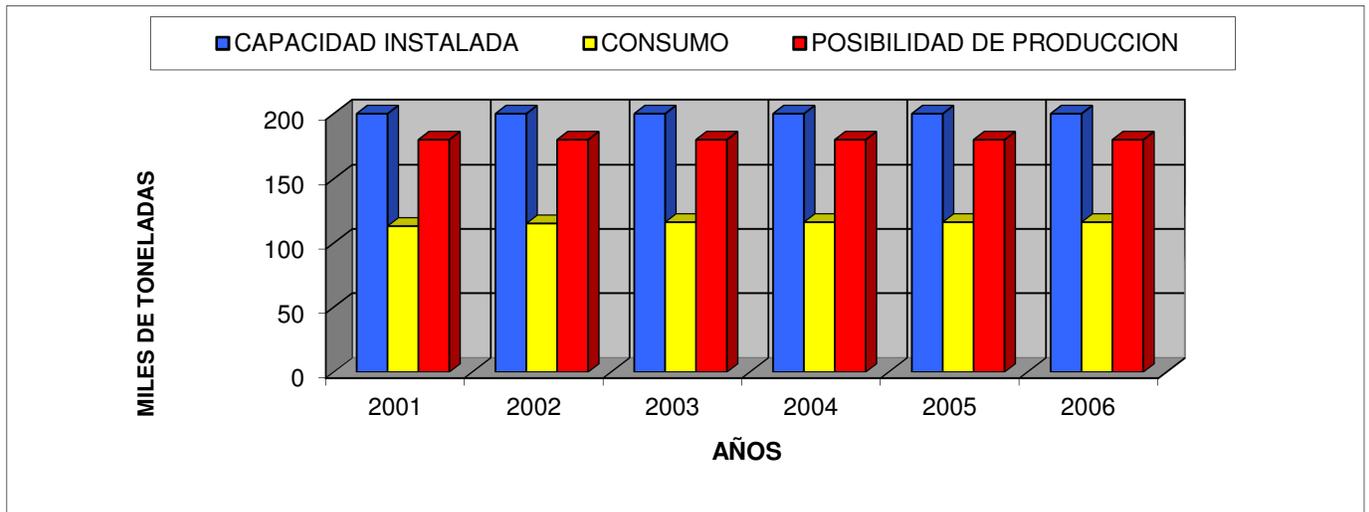
**Tabla 1.13 CELULOSA QUÍMICA DE MADERA SIN BLANQUEAR**

(Miles de toneladas)<sup>1</sup>

CONCEPTO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Índice de Crec. comp. 1999-2006
Capacidad Instalada	200	200	200	200	200	200	4.1%
Consumo	113	115	116	116	116	116	
Posibilidad de Producción	180	180	180	180	180	180	

- Las cifras de consumo del 2001 al 2006 suponen los requerimientos de fibra virgen para satisfacer el consumo interno de papel, hasta el límite de las posibilidades de producción de este último.

**Gráfica 1.7**

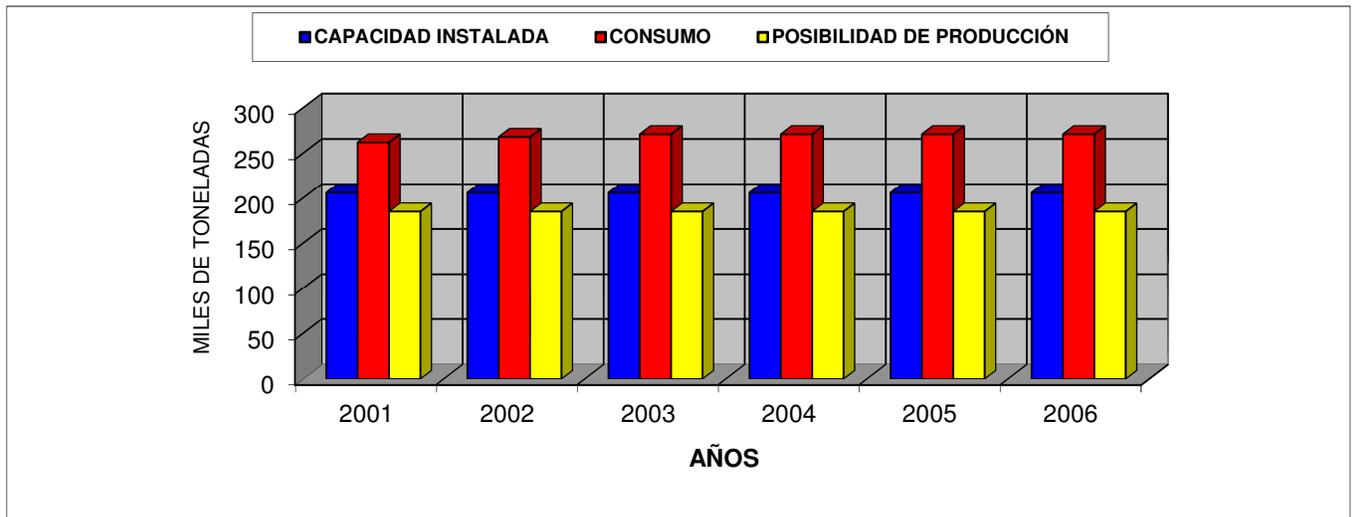


**Tabla 1.14 CAPACIDAD INSTALADA, CONSUMO Y POSIBILIDAD DE PRODUCCIÓN CELULOSA QUÍMICA DE PLANTAS ANUALES BLANQUEADAS. <sup>1</sup>**

CONCEPTO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Índice de Crec. comp. 1999-2006
Capacidad Instalada	206	206	206	206	206	206	1.3%
Consumo	262	268	271	271	271	271	
Posibilidad de Producción	185	185	185	185	185	185	

-Las cifras de consumo del 2001 al 2006 suponen los requerimientos de fibra virgen para satisfacer el consumo interno de papel, hasta el límite de las posibilidades de producción de este último.

**Gráfica 1.8**

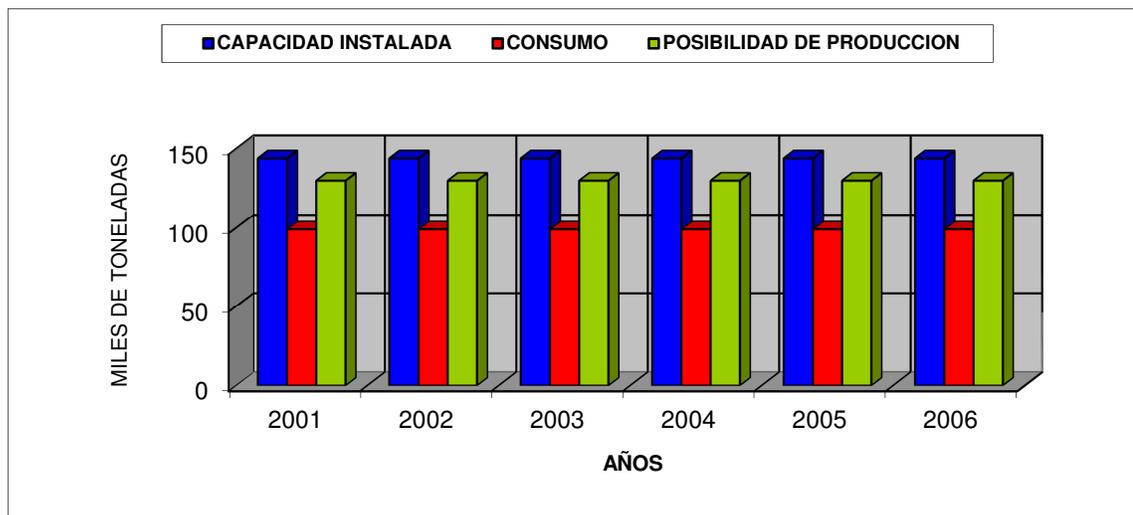


**Tabla 1.15 CAPACIDAD INSTALADA, CONSUMO Y POSIBILIDAD DE PRODUCCIÓN PULPAS MECANICAS <sup>1</sup>**

CONCEPTO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Índice de Crec. Comp. 1999-2006
Capacidad Instalada	144	144	144	144	144	144	5.4%
Consumo	90	91	91	91	91	91	
Posibilidad de Producción	130	130	130	130	130	130	

1. Las cifras de consumo del 2001 al 2006 suponen los requerimientos de fibra virgen para satisfacer el consumo interno de papel, hasta el límite de las posibilidades de producción de este último. Incluye pulpas mecánicas de madera, termomecánicas y químico termomecánicas.

**Gráfica 1.9**



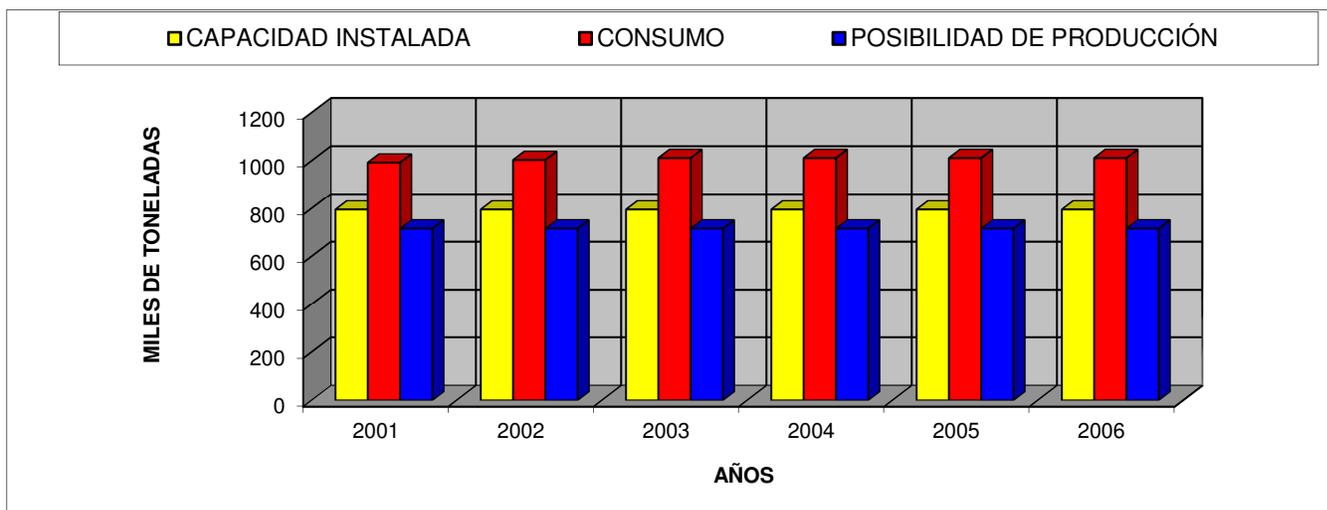
**Tabla 1.16 TOTAL DE CELULOSAS Y PULPAS**

(Miles de toneladas)

CONCEPTO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Índice de Crec. comp. 1999-2006
Capacidad Instalada	795	795	795	795	795	795	1.6%
Consumo	993	1,004	1,012	1,012	1,012	1,012	
Posibilidad de Producción	716	716	716	716	716	716	

Las cifras de consumo del 2001 al 2006 suponen los requerimientos de fibra virgen para satisfacer el consumo interno de papel, hasta el límite de las posibilidades de producción de este último.

**Gráfica 1.10**



**Tabla 1.17 CONSUMO ESTIMADO Y POSIBILIDAD DE RECOLECCIÓN NACIONAL DE FIBRA SECUNDARIA.**

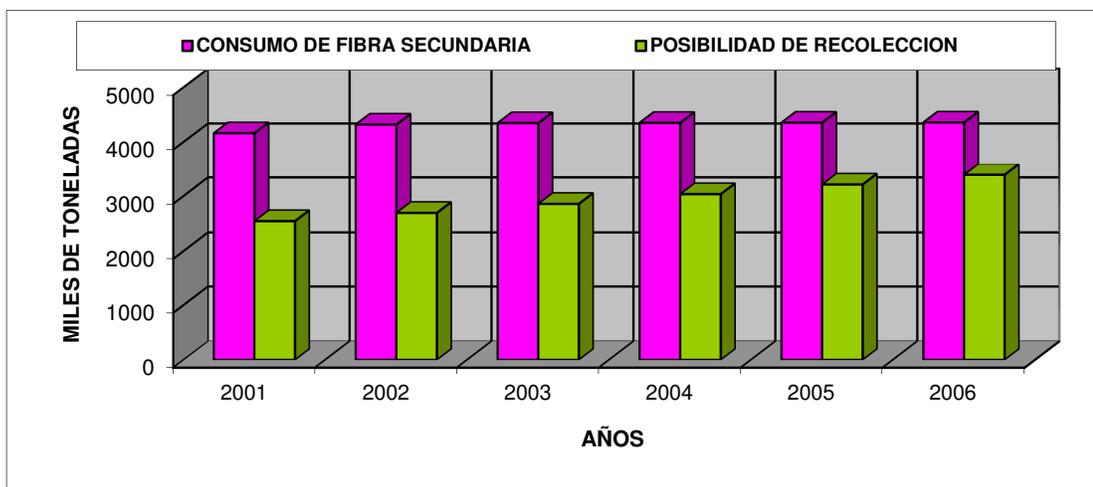
(Miles de toneladas)

CONCEPTO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Índice de Crec. comp. 1999-2006
Consumo de Fibra Secundaria	4,159	4,318	4,345	4,349	4353	4357	4.7%
Recolección Nacional	2,542	2,691	2,855	3,031	3207	3383	
Índice de Recolección	46.1%	46.1%	46.1%	46.1%	46.1%	4.6%	

- Las cifras de consumo del 2001 al 2006 suponen los requerimientos de fibra virgen para satisfacer el consumo interno de papel, hasta el límite de las posibilidades de producción de este último.
- Las cifras de consumo del 2001 al 2006 representan las necesidades exclusivas de fibras para satisfacer el consumo interno de papel.

- Las proyecciones de consumo de materias primas fibrosas, se realizaron con base a la mezcla de 1999; no se consideran cambios en las mezclas para el periodo 2001-2006 por un mayor uso de fibra procesada (regenerada y/o destintada).
- El índice de recolección para el año 2001, resulta de dividir la recolección de las diferentes materias primas secundarias, (a través del consumo reportado por las fabricas) entre el consumo aparente del papel.
- Para el período 2001 al 2006 la recolección nacional está calculada aplicando los índices recolección obtenidos en las estimaciones del consumo aparente del papel.

**Gráfica 1.11**

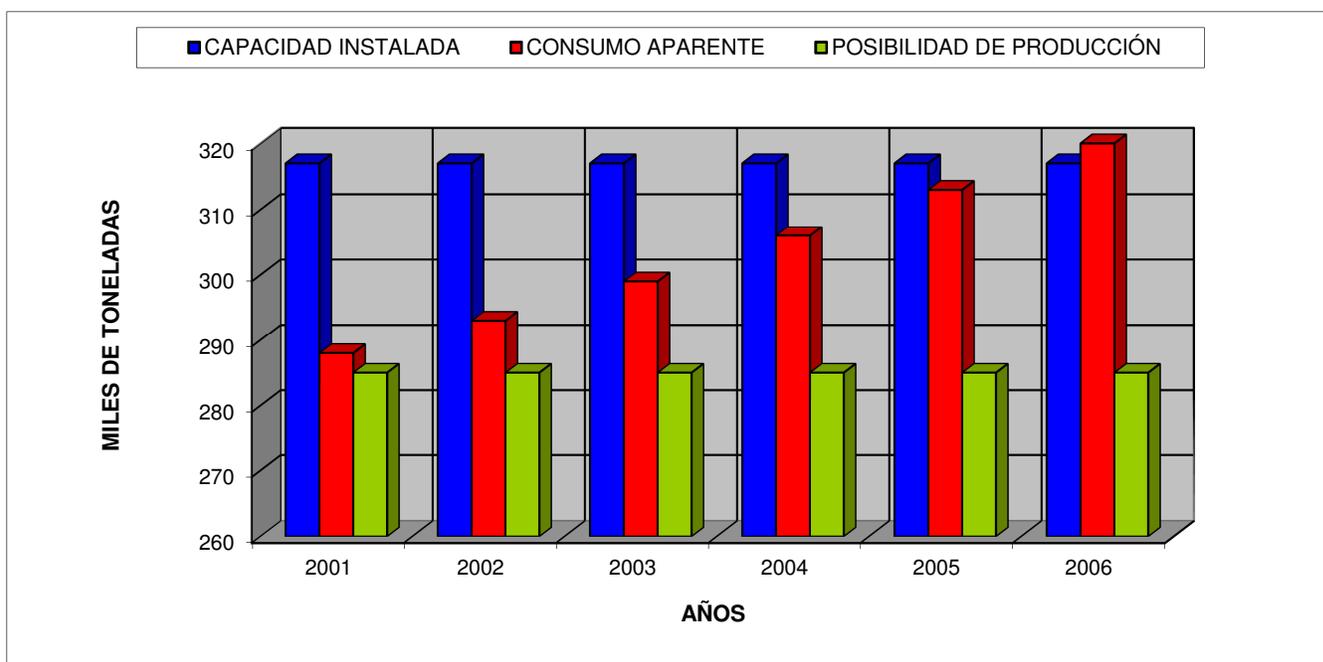


**Tabla 1.18 CAPACIDAD INSTALADA, CONSUMO APARENTE Y POSIBILIDAD DE PRODUCCIÓN PAPEL PARA SACOS, BOLSAS Y ENVOLTURAS.**

(Miles de toneladas)

CONCEPTO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Índice de Crec. comp. 1999-2006
Capacidad Instalada	317	317	317	317	317	317	1.6%
Consumo	288	293	299	306	313	320	
Posibilidad de Producción	285	285	285	285	285	285	

**Gráfica 1.12**

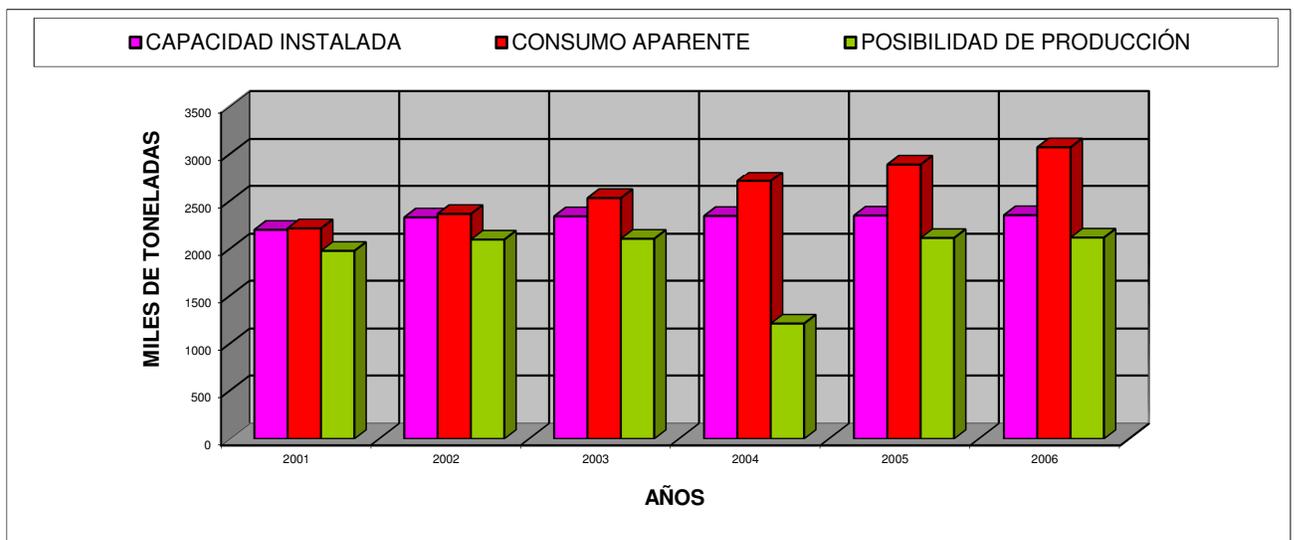


**Tabla 1.19 PAPEL PARA CAJAS**

CONCEPTO	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Índice de Crec. comp. 1999-2006
Capacidad Instalada	2,200	2,330	2,341	2,345	2,349	2,353	1.6%
Consumo	2,216	2,366	2,532	2,712	2,892	3,072	
Posibilidad de Producción							

1 Datos reales.

**Gráfica 1.13**



## 1.5 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

Se usará una máquina FOURDRINIER, cuyo proceso para la fabricación del papel consta de cuatro partes principales.

- a) Preparación de pastas
- b) El sistema de alimentación de pasta y agua a la máquina
- c) Sistema de depuración
- d) La máquina FOURDRINIER

- a) Preparación de pasta.

La preparación de la pasta depende del tipo del papel que va a fabricarse, la cual se efectúa en dos etapas. La primera comprende el tratamiento que se le da a la pulpa para desarrollar las cualidades inherentes a la misma; y la segunda es la mezcla de la composición de fibras e ingredientes.

La primera etapa se lleva a cabo en refinadores de diferentes tipos. Cada refinador produce en la pulpa, una función específica, la cual puede ser; desfibración, cepillado o corte. Todos los refinadores están conectados en serie, los cuales se pueden separar para formar líneas de refinación.

Este tratamiento incluye el almacenamiento en varios tanques:

En un tanque mezclador se efectúa la segunda etapa. La cual consiste en la dosificación necesaria para preparar un lote, del material fibroso, y después en otro tanque se adicionan los ingredientes.

El material fibroso puede consistir de una o varias celulosas entre otras: celulosa al sulfito, celulosa *Kraft* o pasta madera ya sea cruda o blanqueada.

Los ingredientes pueden ser: caolín, brea, almidón alumbre y anilinas; estas últimas se utilizan para matizar papel blanco, o para dar un color definido en papel Kraft, así como pintarlos internamente en el caso de papeles de color. El tanque tiene un agitador para mezclar perfectamente las celulosas y los ingredientes. Cuando este lote se encuentra perfectamente listo,

es bombeado a un tanque de almacenamiento intermedio; antes de pasar al tanque de alimentación de la máquina.

b) Sistema de alimentación de pasta y agua a la máquina

- 1) Mantener una consistencia uniforme en la pasta, para evitar variaciones en el peso del papel a fabricar.
- 2) La cantidad de pasta alimentada debe de ser uniforme a lo ancho de la máquina y a través del tiempo, para asegurar la calidad del producto.
- 3) Evitar al máximo la aereación de la pasta para eliminar la posibilidad de formación de espuma y el desarrollo de bacterias aerobias.
- 4) Debe de evitarse y combatirse la floculación de la pasta ya que impide una buena formación del Papel.
- 5) El consumo de agua debe de ser mínimo, no solo por razones de economía, sino por abastecimiento muy limitado.
- 6) La recuperación de materias primas, tanto fibrosas como no fibrosas debe de ser la máxima posible.
- 7) La limpieza de la máquina debe ser óptima.

Para lograr estos objetivos el equipo del sistema de alimentación de pasta y agua debe de cumplir las siguientes características:

- 1) La velocidad de la pasta en el interior de las tuberías es de 2 a 3 metros por segundo, para evitar floculaciones.

- 2) Su diseño fue hecho pensando en lograr simetría en la distribución de flujos. Con el objeto de obtener uniformidad de la pasta alimentada y por lo tanto, uniformidad en el papel fabricado.
- 3) El material más usado para las tuberías, bombas, depuradores, es el acero inoxidable.
- 4) Con el fin de evitar zonas muertas, en las tuberías se tienen pendientes del 13% mínimas y el menor número de vueltas.
- 5) El equipo debe de mantenerse limpio y fácilmente accesible para su limpieza.
- 6) El equipo, las tuberías y las bombas deben ser capaces de sufrir cambios o modificaciones, para adaptarse a las cantidades y características de las partes usadas, ya que se fabrican diversos tipos de papeles.
- 7) Como consecuencias de lo anterior; el equipo de los sistemas de alimentación de pasta y agua se trabaja en la mayoría de las ocasiones con exceso de capacidad, por lo que es necesario tener recirculaciones considerables de pasta y agua.

El control de consistencia es muy importante para la calidad del papel porque en ella se define el gramaje que se fabricara, el primer controlador de consistencia es para el ajuste grueso y se encuentra colocando en la tubería de descarga de la bomba de pasta del tanque de alimentación de la máquina, es tipo abierto y mecánico. Estos controladores de consistencia realizan su labor en dos pasos.

- 1) Se detectan y se miden las variaciones de consistencia por medio de los cambios de viscosidad que son medidos mecánicamente. La viscosidad queda determinada por la velocidad a la cual una cantidad dada de pasta, a una temperatura constante, puede fluir a

través de un tubo o área constante. Conforme aumenta la viscosidad, disminuye el flujo y viceversa.

2. Operación de una válvula para inyectar agua de dilución en un control rápido, pero sin variaciones por sobrepresión.

c) Sistema de depuración.

La depuración de la pasta se hace necesaria por dos razones fundamentales:

1.- Para la limpieza de la pasta, eliminando: materiales extraños, grumos de pasta y pasta sucia, desperdiciando la menor cantidad posible de fibra buena.

2.- Para la dispersión de las fibras, ya que es tan necesario para lograr una buena formación del papel fabricado y una buena y fácil operación de parte húmeda de la máquina.

Se tienen tres tipos de depuraciones en el sistema:

1.- Depurador cerrado.

La pasta atraviesa las perforaciones del tambor estacionario por la presión a que es alimentada y por la presión y succión alterada que produce el agitador de aspas que gira en el interior del tambor.

Las partículas que no pasan a través de las perforaciones del tambor caen al fondo de donde son rechazadas en forma continua.

Tienen el inconveniente de no eliminar las partículas extrañas de dimensiones menores a las perforaciones del tambor.

## 2) Zaranda.

Este equipo recupera la fibra buena que se va en el rechazo continuo del depurador cerrado, se tiene un depurador de platina perforada, vibratoria, plana, donde el material aceptado se alimenta a los limpiadores centrífugos primarios y el rechazo se tira al drenaje.

## 3) Limpiadores centrífugos

La pasta se alimenta a presión para formar en ciclón lográndose que por fuerza centrífuga las impurezas vayan a la parte interior del ciclón y bajen por la periferia, para ser rechazados por el fondo del limpiador, mientras que la pasta limpia va hacia el centro del ciclón y asciende para salir por la parte superior.

Los limpiadores centrífugos se instalan formando baterías de las cuales se tienen tres, las primarias, secundarias y terciarios. El rechazo de los limpiadores primarios se diluyen para alimentarse a los secundarios y así sucesivamente. El rechazo de los limpiadores terciarios se tira al drenaje. Este tipo de limpiadores es el indicado para remover impurezas ligeras (plásticos, unicel, etc.).

## 4) Recuperador.

Aunque en el agua pobre no hay fuertes concentraciones de fibra y carga, a la larga son cantidades muy considerables a las que se pierden si no se recuperan estas materias primas.

El recuperador es del tipo de filtración, opera a base de filtración el agua pobre en fibra a través de discos rotatorios cubiertos de tela plástica de malla fina, en cuyo interior se hace succión por medio de piernas barométricas. No solo se recupera la fibra y la carga si no también el agua, la cual se utiliza para las regaderas de tela.

## 5) Fosa del quebrador.

Es una fosa que recibe banda papel húmedo que va a parar ahí por cualquier causa, en pasta para volverla a procesar. La fosa se encuentra colocada debajo de la parte húmeda de la máquina, abarca desde la última caja de succión hasta la prensa aisladora, lo que permite captar la banda de papel recién formada que rompan en el cilindro de regreso. La fosa está equipada con varias regaderas para proporcionar al papel el agua necesaria para convertirlo en pasta.

#### 6) Fosa del desintegrador

Sirve para *repulpear* el papel desperdiciado o merma. La fosa está colocada debajo de la calandria de la máquina, abarca desde el último secador, hasta el tambor del enrollador, lo que permite captar la banda del papel seco hasta que se rompa al entrar a la calandria o al enrollador. Se tiene una tubería de agua para transformar el papel inutilizable o merma, o través en la pasta. Esto se logra con el desintegrador y el refinador.

#### 7) Refinador.

En el sistema de alimentación de pasta se tienen un refinador que es para controlar la refinación que es la longitud de corte a la fibra, antes de entrar a la máquina. Este sistema es por medio de un método mecánico o cepillado de la fibra. Según el tipo de papel a fabricarse.

#### d) La máquina *FOURDRINIER*.

Se emplea generalmente para la fabricación de papeles delgados y para *crepados*, tales como higiénicos, toallas y servilletas, etc. Este tipo de máquina la parte húmeda de la *fourdrinier* está primero y después los formadores en la parte inferior. Por lo general estas máquinas se usan para fabricación de papeles muy gruesos (doble capa), fabricándose la cara blanca y el *liner* ambos juntándose con la parte de en medio y la parte de atrás, que en este caso llamaremos relleno y reverso.

La ventaja de este proceso de fabricación es la rigidez en la cara mejorando el acabado evitando marcas en la superficie.

La máquina *fourdrinier* ha sido diseñada para producir papeles de bajos gramajes no descartando que cuando se es buen papeleros se puede lograr gramajes hasta de  $300 \text{ gr/m}^2$

La velocidad para este tipo de máquina de papel es ajustable en 50 y 400 m/min. El ancho útil es de 3.10 m.

Las partes principales de la maquina *fourdrinier* son:

- **Caja de distribución**
- **Mesa de formación**
- **Sección de prensas**
- **Sección de secadores**
- **Prensa de encolado**
- **Calandrias**
- **Enrollador**
- **Transmisión de la máquina.**

**Caja de distribución.** Sirve para difundir la pasta uniformemente a todo lo ancho de la máquina, entregarla a una velocidad uniforme con la velocidad de la máquina con un mínimo de turbulencia.

La caja de distribución es cerrada, y está diseñado para funcionar a presión o vacío, la presión máxima permitida es la equivalente a una altura hidrostática de tres metros. Esta revestida interiormente de acero inoxidable, cuya superficie está perfectamente pulida. Tiene tres cilindros perforados los cuales están accionados por motores de velocidad variable para asegurar la uniformidad del caudal en la ranura de descarga. Tiene una regadera extinguidora de espuma cuya velocidad es variable.

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

1.- Sirve como un orificio de medición para controlar la distribución de la pasta a todo lo ancho de la máquina. Generalmente se desea un perfil uniforme de peso, con este equipo.

2.- Controla la velocidad de salida de la pasta hacia la tela.

3.- En muchas cajas de entrada modernas se tienen ajustes en la regla para controlar la trayectoria del chorro de pasta sobre tela. Este control es muy importante en las máquinas rápidas.

4.- La regla junto con los cilindros perforados que guían el flujo y que se localizan cerca de ella, se usa para controlar la estabilidad del flujo que pasa por ella y el tamaño de los remolinos originados por la turbulencia del chorro.

5.- La geometría de la regla tiene influencia en la orientación de las fibras en chorro de la misma.

Los hilos que corren en sentido longitudinal de la tela se les llaman hilos de urdimbre. Al conjunto de hilos transversales se les denomina trama. En la mayoría de los casos los hilos de urdimbre son más delgados los de trama, y se encuentra en mayor número por unidad de superficie.

Otro importante aspecto en el diseño de las telas metálicas que determinan la facilidad de drenado, es el aspecto de área abierta, que depende fundamentalmente del calibre usado y el número de malla de tela. En mallas frecuentemente usadas, del 24 al 28 (60 a 70 Inglesas), el área abierta varía según el número de hilos de la trama, según el calibre de los hilos de la trama y urdimbre, entre 12 y 20% del área total.

Siendo la vestidura más efímera es necesario hacer los cambios de la tela lo más fáciles y rápidos posibles. Esta es la principal razón por la que la mesa de fabricación ha sufrido notables variaciones en su diseño, que se ha ido perfeccionando hasta el actual tipo de mesa que permite hacer rápidamente los cambios de tela.

En cuanto a la vida útil de una tela metálica entre los factores que más influyen considerablemente son los siguientes:

La velocidad del trabajo.

La vida de trabajo de las telas es función inversa de la velocidad de trabajo, es por ello que al hacer estudios comparativos de vidas de telas metálicas. La pasta se alimenta a la caja de distribución a través de un distribuidor rectangular de disminución gradual de tamaño en el sentido del flujo con recirculación. El flujo de pasta del distribuidor al colector es a través de tubos múltiples a todo lo largo de la caja de distribución. Los múltiples son de plástico transparente.

Para controlar el flujo de pasta existe una válvula de control a la caja de entrada de distribución, en el difusor. El domo de la caja de distribución tiene una abertura de acceso u una ventana de inspección.

**La mesa de fabricación** es una parte de la máquina fourdrinier que sirve como soporte de la tela metálica, y a todos los aditamentos que se instalan en contacto con ella, y que tienen como principal objetivo la formación de la banda de papel.

Independientemente de la estructura metálica que sirve como soporte a las partes móviles de la mesa, ésta constituida está constituida por los siguientes aditamentos y equipos:

La tela es un tejido de malla metálica sin fin, que hace el papel de una banda limitada por el cilindro de succión, que es la parte motriz, y la de pecho, a la que imparte movimiento, así como el resto de los cilindros con los que está en contacto. Como en la mayoría de las máquinas Fourdrinier, ésta tela metálica está fabricada con el alambre de una aleación de bronce fosforado.

**Prensa de pecho.** Sirve para que la tela tenga su retorno precisamente a bajo de la regla. Está recubierta de una camisa de bronce y no tiene coronamiento.

**Caja de formación.** Se localiza lo más cerca posible de la prensa de pecho a nivel poco inferior de la cima de la misma. Su función es controlar el drenado es esta primera parte de la tela donde principia y en ocasiones, se define la formación. A demás es necesario hacer un drenado suave y paulatino en esta zona, debido a que al depositar la pasta sobre la tela, llega a muy baja consistencia y es muy fácil que con drenado brusco perdiera gran cantidad de fibra corta y material de carga.

**Deflectores.** Los deflectores se usan con el objeto de prevenir el acarreo de agua extraviada por los cilindros *desgotadores* al “Nip” formado, por la tela y el siguiente *desgotador*, y en ocasiones para eliminar el agua de la cara interna de la tela. Están instalados a un nivel poco inferior al de cara interna de la cara metálica, son de tipo curvo.

**Cajas de succión.** Cuando los cilindros *desgotadores* ya no extraen fácilmente el agua conservada por la pasta, es necesario hacer uso de succión para poder continuar con la extracción de agua. Lo cual se lleva a cabo por medio de las cajas de succión. Las cajas de succión están conectadas al sistema de succión para la parte húmeda, la cual emplea cuatro bombas de succión conectadas en serie y un extractor. Las cajas de succión más comunes consisten en una caja metálica de material resistente a la corrosión, por la entrada de uno de sus extremos, provistas de tapas perforadas o ranuradas.

Es de gran importancia la cubierta de las cajas de succión, ya que están en contacto con la tela metálica y es el factor que más influye en la vida de la tela metálica. Por lo que ha sido profundamente estudiada, especialmente en lo que se refiere al material con el que están construidas.

El material de las telas debe de ser resistente a la abrasión, ya se ha probado con diferentes tipos de materiales tratando de alargar la vida misma, ahora no se hace tanto por la economía, si no por las pérdidas costosas de producción que se hacen al cambiar la tela.

**Cilindro Dandy.** Este gira directamente sobre la superficie de la pasta, comprimiendo la hoja recién formada, su objetivo es mejorar la formación y el acabado de papel igualando lo más posible el aspecto de las dos caras de la hoja. Está situada entre la tercera y cuarta caja de succión y arreglado de tal forma que pueda separarse de la máquina.

**Cilindro de succión.** Su objetivo principal es hacer la última extracción de agua que sufre la mesa de formación y de fabricación, la hoja recién formada haciéndola lo suficiente compacta y resistente para poder abandonar la mesa y pasar a las prensas.

**Sección de prensas.** Aquí se remueve el agua de la banda ya formada de papel en forma mecánica. Para lograr la máxima eficiencia en esta operación se tiene el siguiente el siguiente equipo:

**Cilindro pick up.** Su objeto es tomar la banda de papel de la tela metálica y transportarla por medio del fieltro a la prensa dual. Este opera en sentido contrario al viaje de la tela.

**Prensa dual inclinada.** Consiste de tres cilindros colocados con una inclinación de 45°. Extrae el agua comprimiendo la tela misma.

**Prensa aisladora.** Su función es alisar, no remueve agua de la banda del papel.

### **Sección de secadores.**

El papel húmedo de la sección de prensa, con un contenido aproximado de humedad de 65 a 68%, se pasa por una serie de cilindros calentados a vapor, de 48 a 60 plg, de diámetro y seca hasta contener aproximadamente de 6% de agua o 94% de fibra seca.

El número de secadores se determina por la cantidad de agua que se va a evaporar, sobre la base de una evaporación estimada de 2 lb, de agua por hora por pie cuadrado de superficie total del secador. Esta cifra variará de acuerdo con la presión de vapor, el tipo de papel, el contenido final de la humedad.

Son de forma cilíndrica y van en posición horizontal, con respecto a su eje. El vapor se introduce por el lado frente o el lado transmisión. La función principal, es la de eliminar la humedad que lleva la guía. Por medio de vapor y aire caliente.

El sistema consta de 30 secadores, incluyendo los secadores de lona, arreglados en dos secciones y divididos por la prensa de encolada.

Sección	Presión	# De Secadores
1 <sup>a</sup>	25 Psig	4
2 <sup>a</sup>	25 Psig	6
3 <sup>a</sup>	43 Psig	6
4 <sup>a</sup>	43 Psig	6
5 <sup>a</sup>	30 Psig	8

TOTAL: 30 Secadores Total.

**Calandria:** El propósito de la calandria es compactar el papel y darle lisura en una o ambas caras al papel. Este efecto es alcanzado por la fricción y la presión de los cilindros entre los cuales pasa

el papel. La calandria costa de 6 cilindros, a los cuales se les aplica presión neumática, están equipados con cuchillas.

**Enrollador.** Desde la prensa de pecho hasta la calandria, la fabricación de papel es un proceso continuo, pero ha llegado el momento de manejarlo de unidades separadas, para lo cual la banda de papel es enrollada en el enrollador. Este enrollado produce rollos duros y uniformes de hasta 150 cm. de diámetro.

### **Transmisión de la máquina.**

La velocidad de la máquina se logra por medio de un motor de corriente continua, acoplado a la flecha de la transmisión general. Las poleas cónicas de la transmisión general se mueve a las poleas de los reductores por medio de bandas planas, Los reductores por medio de flechas cardan transmiten el movimiento a toda la máquina.

## **1.5.1 DESCRIPCION PARA EL PROCESO DEL PAPEL.**

### **1.5.1.1 SISTEMA REVERSO**

Como materia prima se puede meter papel nacional o americano, esto de acuerdo a la calidad que de desee obtener. Esta materia prima es alimentada al hidrapulper en pacas de 20 – 50 kg, donde se adiciona agua blanca y se muele, obteniendo como resultado una pasta no refinada y con muchas impurezas (ver ANEXO 1).

La pasta no refinada es bombeada hacia el turbo separador, aquí se realiza la primer separación de impurezas como son alambres, grapas u otros metales grandes. Una vez que se separaron las impurezas, la pasta es llevada a un tanque de almacenamiento el cual nos sirve para ir estableciendo el régimen permanente en el proceso, después la pasta es bombeada hacia los limpiadores de mediana consistencia, aquí se realiza una centrifugación donde se separa los sólidos y la pasta queda por la parte de arriba donde es llevada a un tanque de almacenamiento el cual sirve para continuar el régimen permanente, después la pasta es bombeada hacia el refinador

de doble disco (son dos discos que trabajan en sentidos opuestos), la función es triturar a un más la pasta, es decir separar en porciones más pequeñas la fibra y la celulosa, una vez que paso por este proceso de molienda se lleva hacia un tanque de almacenamiento en donde se continua un régimen permanente ; una vez que se tiene la pasta refinada esta es bombeada hacia la caja de nivel constante los cuales nos sirven para asegurar el régimen permanente, en esta caja de nivel no se lleva a cabo ninguna operación unitaria, por gravedad la pasta se lleva al silo reverso que aquí se acepta los rechazos de la mesa de formación, limpiadores reverso, criba presurizada y se establece un flujo constante, continuando con la trayectoria de la pasta contenida en el silo reverso es bombeada por la *fam-pump* la cual es bombeada de un solo paso hacia los limpiadores de primer paso la pasta es llevada a la criba presurizada donde se lleva a cabo una centrifugación, el poco sólido que se pudo haber formado en el paso de los equipos o de la misma fibra es separado, continuando con la pasta refinada es bombeada a la caja de entrada donde la pasta es rociada del labio de la caja de entrada hacia la lona de la mesa de formación, la misma lona su función es como coladera del agua que cae por gravedad y la fibra se queda en la lona; para un mejor aprovechamiento, el agua se quita por medio de los *foils* los cuales raspan la parte inferior de la lona y de esta manera se facilita el colado, continuado con la pasta que está en la mesa de formación se adhiere la fibra del sistema cara.

### **1.5.1.2 SISTEMA CARA**

El recorte de papel es recolectado, clasificado según la calidad para reprocesarlo y convertirlo en nuevos grados de papel (ver ANEXO 1)

La manufactura de la pulpa y del papel requiere de grandes volúmenes de agua. La planta de papel varía considerablemente según la disponibilidad de agua, la secuencia de blanqueado y las restricciones para la descarga del agua de desecho. En la siguiente tabla se muestran los requerimientos de agua para la planta de papel, basados en el tipo de producción.

La siguiente tabla muestra el uso neto de agua (flujo efluente) de la manufactura de productos de pulpa y papel que requerirá la planta.

**Tabla 2.1 Uso neto de agua de la manufactura de productos**

	TÍPICO, GAL / TON	PLANTA NUEVA, GAL /TON
<b>PROCESO DE MANUFACTURA DE PULPA:</b>		
a. Kraft sin blanquear	15 000 – 40 000	20 000
b. Blanqueado de Kraft	15 000 – 35 000	20 000
c. Sulfito sin blanquear	15 000 – 50 000	25 000
d. Blanqueado de sulfito	30 000 – 50 000	40 000
e. Semiquímico	8 000 – 40 000	10 000
f. Destinado	20 000 – 35 000	25 000
g. Madera molida	3 000 -. 48 000	4 000
h. Pulpa de sosa	60 000 – 80 000	65 000
a. Papel fino	8 000 – 40 000	10 000
b. Papeles Kraft	2 000 – 10 000	5 000
c. Cartón	2 000 - 15 000	8 000

La industria del papel es una gran consumidora de agua debido a que la pulpa es lavada con ella en varios puntos dentro del proceso, también el agua se usa para transportar las fibras de pulpa, a través de varias operaciones de refinación y finalmente a las máquinas procesadoras de papel, donde puede introducirse a la mesa de formación a una concentración de lechada que es 99% agua y sólo 1% fibra (llamada de 1% de consistencia en la terminología de las plantas procesadoras de papel) Mientras que en las plantas más antiguas se usaba tanto como 50 000 gal / ton de producto terminado de papel, la planta nueva ha cerrado sus sistemas para reducir la cantidad de agua requerida y, por lo tanto reducir también el volumen de desechos por tratar. En esta planta de papel sin blanquear en la que se produce cartón de revestimiento, el consumo puede ser tan bajo como de 10 000 gal / ton, la planta de tratamiento de agua puede tener que producir alrededor de 20 mgd de agua de planta para proceso y remplazo en las calderas.

Las operaciones de preparación de pulpa que se usan en la planta de papel están dentro de la categoría de fibra secundaria (papel recuperado).

## 2. BASES DE DISEÑO

### 2.1. - GENERALIDADES

**Función de la planta.** Producción 100 Ton/día, las 24 horas del día durante 332 días al año se producirá papel *liner* y *médium*.

**Tipo de proceso.** El proceso es continuo las 24 horas durante 332 días al año.

### 2.2 CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD.

**Factor de servicio.** El proceso tiene una eficiencia del 94 %, entonces  $94/100 = 0.94$

#### Capacidad y rendimiento.

- a) **Diseño.** 106 Ton/día de papel
- b) **Normal.** 100 Ton/día de papel
- c) **Mínimo.** 94 Ton/día de papel

#### Flexibilidad

**La planta deberá seguir operando bajo las siguientes condiciones anormales:**

- a) **Falla de electricidad.** Sí  No

**Observaciones:** Se contratara una compañía que genere el vapor y esté vapor lo utilizará para generar su propia electricidad. En el contrato quedara establecido que no habrá paros por falta de electricidad, para llevar a cabo lo establecido la compañía contratada contara con una planta de auxilio.

- b) **Falla de vapor.** Sí  No

**Observaciones:** La caldera tendrá la suficiente instrumentación y control, para poder controlar sus 4 variables principales que son presión, temperatura, flujo y nivel, esto será controlado desde un PLC (Procesador Lógico Programable). Se realizara mantenimiento correctivo solo los días festivos que pare producción.

c) **Falla de aire.**                      **Sí**    **X**                      **No**

**Observaciones:** El tanque tipo cilindro principal de almacenamiento de aire está diseñado de tal forma que pueda almacenar aire durante 1 hora sin que el compresor esté funcionando, a su vez se contarán con tanques pulmones para trabajo de las válvulas de control.

#### **¿Se requiere prever aumentos de capacidad en futuras ampliaciones?**

Se prevé instalar un *separplast*, limpiador de alta consistencia (cara y reverso), posible co-generador de energía eléctrica, caseta de medición y regulación de gas natural, espuela de ferrocarril, 6 limpiadores de baja consistencia.

### **2.3 ESPECIFICACIONES DE ALIMENTACION DE PROCESO:**

**Alimentación:** La línea principal se alimentara por pacas de papel de reciclaje, puede ser nacional o americano.

**Impurezas:** Las pacas de papel de reciclaje contienen grapas, tierra, pegamento etc.

**Flujo:**            100 Ton/día de papel.

### **2.4 ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS.**

**Se producirán 2 tipos de papel:**

Liner, con un gramaje de 180 y 220 g/m<sup>2</sup>

Médium, con un gramaje de 135 g/m<sup>2</sup>

## 2.5 ALIMENTACIÓN A LA PLANTA:

### Las condiciones de las alimentaciones en Límite de Batería:

ALIMENTACION	EDO. FISICO.	PRESION MAN. [Kg/cm <sup>2</sup> ]	TEMPERATURA [°C]	FORMA DE RECIBO
pacas reciclado DKL.	sólido, seco al medio ambiente	0.757	25	pacas de papel reciclable
pacas reciclado papel blanco	sólido, seco al medio ambiente	0.757	25	pacas de papel reciclable

DKL. Es el papel de menor calidad, Son cajas o recortes de cajas que no han tenido ningún tipo de uso para el que fue fabricado, se utiliza en la producción de corrugado medio, kraft liner.

### Definir los elementos de seguridad existentes que protegen a las líneas de alimentación.

Como solo existe una sola línea la cual se alimenta al *pulper*, no se requiere elementos de seguridad, pero lo que es el proceso si requiere de control presión, flujo, temperatura, consistencia, nivel y pH.

## 2.6.- CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS EN LÍMITES DE BATERÍA.

ALIMENTACION	EDO. FISICO.	PRESION MAN. [Kg/cm <sup>2</sup> ]	TEMPERATURA [°C]	FORMA DE RECIBO
<i>Liner</i>	sólido seco	0.757	30	Bobinas de cartón
Medium	sólido seco	0.757	30	Bobinas de cartón

## 2.7 ELIMINACIÓN DE DESECHOS.

### 2.7.1 Normas y requerimientos respecto a la pureza de:

- a) **Agua.** Norma Oficial Mexicana. NOM-001-ECOL-1996.
- b) **Aire.** Debe de estar libre de partículas.

### 2.7.2 Sistemas preferidos de eliminación de desechos.

El agua fresca, de calderas y laboratorio, es purificada en una planta de tratamiento de aguas, el agua que se utiliza para lavado de equipos, también se utiliza para lavado de pisos de la planta y después está se manda al drenaje.

Los lodos obtenidos en el tratamiento de aguas, se vende a plantas donde elaboran con las láminas de cartón.

Para la eliminación de láminas, alambres y plásticos, estos se venden por kilo a otras empresas.

Lavado de planta	Drenaje
Agua de lluvia	Drenaje
Aguas negras	Drenaje
Toda clase de metales	Reciclaje a otras empresas.
Plástico	Reciclaje a otras empresas.
Lodos	Reciclaje para hacer láminas de cartón.

## 2.8 INSTALACIONES REQUERIDAS DE ALMACENAMIENTO.

**2.8.1 Alimentaciones.** (ALMACEN DE MATERIA PRIMA). Se deberá de considerar un área de almacenamiento para 30 días al aire libre, así como un espacio para una empacadora. Dentro del área de *pulpers* debemos de considerar un espacio de almacenamiento para los tres turnos, teniendo una capacidad de producción de 100 Ton/día.

**2.8.2 Productos.** (AREA DE ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO). Se considerará un almacén, para guardar el producto de tres días, con estiba máxima de dos rollos y manejo con monta carga deberá ser cubierto y deberá contar con oficina para control y facturación con baño, así como andén para carga.

## 2.9 SERVICIOS AUXILIARES

### 2.9.1 Vapor.

¿Será generado dentro de límites de batería?

Sí            No X

**Tabla 2.2 Vapor de baja presión en L.B. (se utilizara vapor saturado)**

VARIABLE	MINIMA	NORMAL	MAXIMA
PRESION	2.0 kg/cm <sup>2</sup>	3.0 kg/cm <sup>2</sup>	4.0 kg/cm <sup>2</sup>
TEMPERATURA	120 °C	133 °C	143 °C
CALIDAD	98	99	100
DISPONIBILIDAD	La requerida	La requerida	La requerida

### 2.9.2 Retorno de Condensado.

#### Condensado de baja presión en L.B.

**Presión mínima.** 1.5 kg/cm<sup>2</sup>

**Temperatura.** 110.73°C

#### Extensión de la recuperación de condensado

### 2.9.3 Agua de enfriamiento del proceso.

**Fuente de Suministro:** El agua proviene de 2 pozos ubicados en el interior de la planta y cuyas capacidades pueden dar el aprovechamiento requerido.

**Sistema de enfriamiento:** Torre de enfriamiento.

**Presión de entrada en L.B:** 4 kg/cm<sup>2</sup>

**Temperatura de suministro en L.B** 5 °C

**Disponibilidad** 2643.07 LPM.

**Presión de retorno en**

**L.B. (mín): 2.5 kg/cm<sup>2</sup> man:** 3 kg/cm<sup>2</sup>

**Temperatura de retorno en L.B. (máx):** 30 °C

### Análisis químico para el agua de enfriamiento de proceso.

- a) Agua Cruda.
- b) Agua de enfriamiento reciclada.
- c) Relaciones de concentración

**Tabla 2.4 Análisis químico para el agua de enfriamiento del proceso.**

ELEMENTO	COMPUESTO	A	B	C
Calcio	CaCO <sub>3</sub>	182	526	2.8
Magnesio	CaCO <sub>3</sub>	78	240	3.1
Sodio (por diferencia)	CaCO <sub>3</sub>	40	120	
Electrolito total	CaCO <sub>3</sub>	305	886	2.9
Bicarbonato	CaCO <sub>3</sub>	190	80	
Carbonato	CaCO <sub>3</sub>	0	0	
Oxidriló	CaCO <sub>3</sub>	0	0	
Sulfato	CaCO <sub>3</sub>	84	696	8.3*
Cloruro	CaCO <sub>3</sub>	29	94	3.2*
Nitrato	CaCO <sub>3</sub>	2	6	
Cromato		0	10	---
Alc. M	CaCO <sub>3</sub>	190	80	
Alc. F	CaCO <sub>3</sub>	TR	0	
Dióxido de carbono		TR		
.pH		8.3	7.5	
Silice		22	68	3.1
Hierro	Fe	0.3		
Turbiedad		10		
SDT		360	No	
Calor		Cero		

\*No válidos puesto que se están alimentando Cl<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>SO

#### 2. 9.4 Agua para servicio y usos sanitarios.

**Fuente de suministro:** El agua proviene de 2 pozos ubicados en el interior de la planta cuyas capacidades pueden dar el aprovechamiento requerido.

**Presión en L.B:** 1.5 kg/cm<sup>2</sup>

**Temperatura en L.B:** 20 °C

**Disponibilidad:** La requerida

#### 2.9.5 Agua potable.

**Presión en L.B.** 3.5 kg/cm<sup>2</sup>

**Temperatura en L.B.** 25 °C.

**Disponibilidad** La requerida

**Tabla 2.5 Análisis químico para el agua potable.**

<b>ELEMENTO A ANALIZAR</b>	<b>LIMITE PERMISIBLE (P.P.M)</b>
ALUMINIO	0.2
ARSÉNICO	0.05
BARIO	0.7
CADMIO	0.005
CLORURO RESIDUAL LIBRE	0.2-1.5
CLORUROS COMO CL <sup>-</sup>	250
CIANUROS	0.07
COBRE	250
DUREZA TOTAL	500
FIERRO	0.3
NITRATOS	10
PH	6.5-8.5
PLOMO	0.025
SODIO	200
SULFATOS	400
ZINC	5

**Análisis bacteriológico:** El contenido de organismos resultantes del examen de una muestra simple de agua son los siguientes.

Los resultados de los exámenes bacteriológicos se deben reportar en NMP/100 ml (Numero más probable por 100 ml) si se utiliza la técnica del número más probable o UFC /100 ml. (Unidades formadas de colonias por 100 ml) si se utiliza la técnica de filtración por membrana.

### 2.9.6 Agua contra incendio.

**Presión en L.B** 7.0 kg/cm<sup>2</sup>  
**Disponibilidad** La requerida  
**Observaciones:** La compañía contara tanto con la red de incendio en el nivel sótano y operación.

### 2.9.7 Agua para calderas.

**Presión en L.B.** 10.5 kg/cm<sup>2</sup>  
**Temperatura en L.B.** 70°C  
**Disponibilidad.** 9738.85 kg agua/h  
**Observaciones:** La caldera que se utilizará tiene las siguientes características.  
**Fabricación** Fabricada por TANQUES Y CALDERAS S.A de C.V.  
**Capacidad:** 13900 kg vapor/hora  
**Superficie de calefacción:** 150 m<sup>2</sup>.  
**Tanque de almacenamiento de combustóleo (pesado)** Con una capacidad de 160439 lt.

**Tabla 2.6 Análisis químico que se realiza para el agua de calderas.**

PARÁMETROS	COMO	RANGO
DUREZA TOTAL	CaCO <sub>3</sub>	0.0 p.p.m.
DUREZA DE CALCIO	CaCO <sub>3</sub>	0.0 p.p.m.
DUREZA DE MAGNESIO	CaCO <sub>3</sub>	0.0 p.p.m.
ALCALINIDAD "F"	CaCO <sub>3</sub>	0.0 p.p.m.
ALCALINIDAD "M"	CaCO <sub>3</sub>	0.0 p.p.m.

CLORUROS	NaCl	0.0 p.p.m
SÍLICE	SiO <sub>2</sub>	350 p.p.m
FOSFATOS	PO <sub>4</sub>	60 p.p.m
SULFITOS	SO <sub>3</sub>	40 p.p.m
PH	7.28 – 11.37	
CONDUCTIVIDAD		3500
HIDROXIDOS	CaCO <sub>3</sub>	400 p.p.m.

### 2.9.8 Agua de proceso

**Fuente de suministro:** pozo      **Presión.** 1.5 kg/cm<sup>2</sup>  
**Temperatura:** 20 ° C      **Disponibilidad.** La requerida.

**Tabla 2.7 Análisis químico para el agua de proceso.**

Análisis	Compuesto Químico Como	PAPEL FINO (*)	PAPEL MOLIDA KRAFT	PAPEL DE MADERA SULFATO	PULPA DE SOSA Y
Turbidez	SiO <sub>2</sub>	10	40	50	25
Color	U.P	5	25	30	5
Dureza total	CaCO <sub>3</sub>	100	100	200	100
Dureza de calcio	CaCO <sub>3</sub>	50	-	-	50
Alcalinidad de Anaranjado de Metilo	CaCO <sub>3</sub>	75	75	150	75
Hierro	Fe	0.1	0.2	0.3	0.1
Manganeso	Mn	0.05	0.1	0.1	0.05
Cloruro residual	Cl <sub>2</sub>	2.0	-	-	-
Sílice soluble	SiO <sub>2</sub>	20	50	50	20
Sólidos disueltos	disueltos totales	200	300	500	250
Dióxido	CaCO <sub>3</sub>	10	10	10	10
Cloruros	Cl <sup>-</sup>				
Dureza de magnesio	CaCO <sub>3</sub>	-	-	-	50

(\*) **Blanqueado.** U.P. Unidades de platino.

### 2.9.9 Aire de instrumentos.

**Suministrado:** Atmósfera el cual pasa por secadores de aire

**Indicar si se integrará a algún sistema general en L.B.**

Sí  No

**Capacidad extra requerida.** +/- 10%

**Presión del sistema.** 7 kg / cm<sup>2</sup>

**Impurezas (Fierro, Aceite, etc.)** Libre de toda impureza del medio ambiente, porque serán colocados los filtros de aire.

### 2.9.10 Aire de planta.

**Suministrado:** Del medio ambiente,

**Indicar si se integrará algún sistema general en L.B.**

Si  No

**Capacidad extra requerida.** +/- 10 % de la requerida.

**Presión del sistema.** 7 kg/cm<sup>2</sup> man

### 2.9.11 Combustible.

**Gas.**

**Fuente de suministro:** PEMEX.

**Naturaleza.** Yacimientos.

**Composición base húmeda.**

C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0.0
CO <sub>2</sub>	4.4 %
H <sub>2</sub> O	8.7 %
O <sub>2</sub>	11.3 %
N <sub>2</sub>	75.6 %

**Peso molecular.** [C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> kg/kgmol

<b>Densidad relativa.</b>	0.6
<b>Presión en L.B</b>	6.0 kg/cm <sup>2</sup> --
<b>Temperatura en L.B.</b>	Gas licuado a presión.
<b>Disponibilidad.</b>	La requerida.

### **Líquidos.**

El tipo de combustible a utilizar será el combustóleo pesado No 6, el cual es un impermeabilizante (chapotote negro). El combustible será transportado en fulgones a la planta.

<b>Fuentes de suministro.</b>	PEMEX
<b>Naturaleza</b>	Derivado del petróleo.
<b>Análisis químico.</b>	Viscosidad cinemática debe de ser de 50 °CST.
<b>Azufre</b>	El contenido de azufre no debe de ser mayor al 4 %.
<b>Peso específico.</b>	
<b>Viscosidad.</b>	50 ° CST
<b>Poder calorífico baja (L.H.V.)</b>	42 MJ/kg de combustible
<b>Presión en L.B.</b>	7 kg/cm <sup>2</sup>

### **2.9.12 Análisis de energía eléctrica**

<b>Fuente(s) de suministro:</b>	Cogeneración y Comisión Federal de electricidad.
<b>Interrupciones;</b>	3 veces/año
<b>Duración máxima:</b>	10 min
<b>Promedio:</b>	5 min
<b>Causas.</b>	Por el cambio de Co-generador.
<b>Tensión (volts).</b>	33,000 V.
<b>Número de fases.</b>	3
<b>Frecuencia.</b>	60 Hz
<b>Factor de potencia, mín.</b>	0.9
<b>Número de conductores.</b>	3.

<b>Sección de conductores.</b>	33.60 mm <sup>2</sup> (2 awa) sección transversal
<b>Material del conductor</b>	Cobre.
<b>Aislamiento del conductor.</b>	XLP (Polietileno de cadena cruzada)
<b>Diámetro del ducto.</b>	Ancho 36 plg.
<b>Material del ducto.</b>	Aluminio
<b>Acometida</b>	
<b>(Subterránea o Aérea):</b>	Aérea.

### 2.9.13 Alimentación de energía eléctrica de emergencia.

<b>Fuente(s) de suministro:</b>	Cogeneración y Comisión Federal de electricidad.
<b>Interrupciones;</b>	3 veces/año
<b>Duración máxima:</b>	10 min
<b>Promedio:</b>	5 min
<b>Causas.</b>	Por el cambio de Co-generador.
<b>Tensión (volts).</b>	33,000 V.
<b>Número de fases.</b>	3
<b>Frecuencia.</b>	60 Hz
<b>Factor de potencia, mín.</b>	0.9
<b>Número de conductores.</b>	3.
<b>Sección de conductores.</b>	33.60 mm <sup>2</sup> (2 awa) sección transversal
<b>Material del conductor.</b>	Cobre.
<b>Aislamiento del conductor.</b>	XLP (Polietileno de cadena cruzada)
<b>Diámetro del ducto.</b>	Ancho 36 plg.
<b>Material del ducto.</b>	Aluminio
<b>Acometida</b>	
<b>(Subterránea o Aérea):</b>	Aérea.

## 2.9.14 Teléfonos

<b>Criterio de comunicación externa</b>	Las líneas externas son por cable.
<b>Número de hilos.</b>	4 hilos
<b>Sección de hilos.</b>	Para exteriores 18 AWG
<b>Capacidad disponible del conmutador.</b>	10 líneas y 60 extensiones disponibles.
<b>Acometida (Subterránea o aérea.).</b>	Aérea para la comunicación externa
<b>Criterio de comunicación interna</b>	Las líneas internas son por cable.
<b>Sección de hilos.</b>	Para interiores 22 AWG.
<b>Capacidad disponible del conmutador (sí existe)</b>	10 líneas y 20 extensiones.
<b>Acometida (Subterránea o aérea.).</b>	Subterránea para el interior de la planta.

## 2.10 Sistemas de seguridad

### **Sistemas Contra incendio.**

#### **NORMAS BASADAS:**

**Red contra incendio.** Está será diseñada de acuerdo a las normas del trabajo y prevención Social.

### **N.F.P.A: National Fire Protection Association Domicilio:**

470 Atlantic Avenue, Boston, Massachusetts, 02210, U.S.A

La Asociación Nacional de Protección contra el fuego, es una Sociedad Organizada, para investigar, desarrollar y promover el uso de métodos científicos para prevenir y combatir el fuego y a aplica el

Código Nacional Eléctrico de una industria.

**Equipo móvil y portátil.** Diablos que tengan tres tipos de extintores A, B y C.

**Observaciones:** Dentro del L.B. se contará con unos gabinetes, el cual contendrá cada uno de ellos con 2 mangueras contra incendio de 1 1/2 y 15 m de largo.

**Protección del personal.**

**Duchas**

Si   X                      No                     

**Tomas de aire**

Si   X                      No                     

**Otras.** Lavaojos los cuales estarán situados en la sección de producción y el laboratorio de control y calidad así como en la descarga de las pipas de contienen reactivos químicos estos se instalaran cerca de cada toma.

**2.11.- Temperatura y Precipitación pluvial**

**De ser posible adjuntar un registro diario de temperatura de los últimos 5 años; si no, llenar el siguiente cuestionario.**

**Temperaturas**

**Máxima extrema:** 32 °C

**Mínima extrema:** 8.0 °C

**Máxima promedio:** 30.0 °C

**Mínima promedio:** 3.0 °C

<b>Promedio del mes más caliente.</b>	28 °C
<b>Promedio del mes más frío.</b>	2 °C

**Precipitación pluvial.**

De ser posible adjuntar un registro diario de precipitación de los últimos 5 años; si no, llenar el cuestionario siguiente:

**Precipitación pluvial:**

<b>Horario máxima:</b>	24 hrs.
<b>Máxima en 12 o 24 horas.</b>	68.8 mm
<b>Anual media.</b>	819 mm.

**2.12.- Localización de la planta**

Km-1-A Camino Col. Morelos, Apizaco, Tlaxcala. Planta Cliente confidencial

**Coordenadas de límite de batería.**

Pretende construirse una nave con dimensiones de 120.0 x 16.50 m., siendo el claro de la estructura de 16.50 m. La separación entre armaduras o de columnas serán de 6.00 m y un techo de armadura de acero con lamina *pintro*, sus muros serán de tabique recocido y el resto de los elementos estructurales son de concreto reforzado, existe además zona de maquinaria pesada que tiene un peso de 150 Ton, y su concentración de cargas máximas en columnas será de 100 Ton.

**Elevación de la planta sobre el nivel del mar.** 2,250 m.

**Previsiones para futuras ampliaciones.** Se deberá de dejar un espacio suficiente para poder colocar un Co-generador de energía eléctrica y una caseta de medición y regulación de gas natural.

### 2.13 Bases de diseño eléctrico.

**Código para clasificación de áreas.** NEMA Y SECOFI.

**Resistividad eléctrica del terreno.** 11.309  $\Omega$  - m

#### Características de la alimentación a motores.

	<b>Potencia</b>	<b>volts</b>	<b>Fases</b>	<b>Hilos</b>
<b>De</b>	0.1 a 0.25 HP	127	1	1
<b>De</b>	0.5 a 200HP	460	3	3
<b>De</b>	250 a 500HP	4160	3	3

#### Corriente para alumbrado

220 Volts	Fases 3	Alumbrado exterior de la planta.
127 volts	Fases 3	Alumbrado interior de la planta.

#### Corriente para instrumentos de control

120 volts                      1 Fases

#### Distribución de corriente dentro del L.B.

##### (Aérea o Subterránea).

Aéreo

Se realizara por medio de Racks y charolas para el suministro de equipo de proceso.

Subterránea.

Se realizara por charolas para el suministro del cuarto de control, bombas, instrumentos de control (válvulas, switch de presión etc.). Y PLC (controlador lógico programable) utilizados.

## 2.14 Bases de diseño para Tuberías.

### Soportes de tuberías y trincheras

**Tipo de soportes.** Por charolas. Juntas en U y soportaría que ira anclada en la loza o paredes

<b>Drenajes</b>		<b>Material</b>	<b>Elevación</b>	<b>Tipos de drenajes</b>
<b>Receptor</b>	<b>Preferido</b>	<b>en L.B</b>		
<b>Aceitoso</b>	Drenaje	PVC		Subterránea. (Niv. 0.00)
<b>Pluvial</b>	Drenaje	Asbesto.		Subterránea (Niv. 0.00)
<b>Sanitario.</b>	Drenaje	PVC. Y Asbesto		Subterranea. (Niv. 0.00)
<b>Químico.</b>	Planta de tratamiento	Acero al carbón		Subterránea. (Niv. 0.00)

### Maqueta y dibujos.

<b>Se hará maqueta</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>X</b>
<b>Tipos de dibujos que se desean:</b>			
<b>Plantas y elevaciones</b>	<b>Si</b>	<b>X</b>	<b>No</b>
<b>Isométricos de tubería de</b>			
<b>Acero al carbón</b>	<b>Si</b>	<b>X</b>	<b>No</b>
<b>Isométricos de tubería de</b>			
<b>Acero inoxidable</b>	<b>Si</b>	<b>X</b>	<b>No</b>
<b>Despieces de tubería de</b>			
<b>Acero al carbón</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>X</b>
<b>Despieces de tubería de</b>			
<b>Acero inoxidable.</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>X</b>

**Otros.**

- D.T.I Preparación de pastas reverso.
- D.T.I Preparación de pastas cara.
- Diagrama de flujo y balances de materiales cara y reverso.
- DTI. Sistema de vapor y condensado
- Diagrama de la red contra incendio.
- Diagrama de aire de servicios.
- Plot- Plan

**2.15.- Bases de diseño Civil.**

**Solicitaciones por viento y sismo.**

Sismo	<b>Sí No</b>	X.
Viento	<b>Si No</b>	X.

**¿Se acepta el uso del “Manual de diseño de Obra Civiles de la C.F.E”?**

Únicamente para la planta de luz y para los motogeneradores.

**Solicitaciones por viento.**

Altura	Presión del lugar.
2250 m S.N.M	0.76666 kg/cm <sup>2</sup> .

**Nivel del piso terminado.** +0,00

**Nivel Freático.** No se determinó. Pero se calcula a 750 m.

## Información general sobre el tipo de suelo.

### Tipo de edificios o construcciones que se desean dentro de L.B.

Cuarto de control de instrumentos	Sí	X	No
Cuarto de control eléctrico	Si	X	No
Oficinas	Si	X	No
Sanitarios	Si	X	No
Cobertizos para compresoras de Proceso	Sí	X	No
Cobertizos para compresoras de Aire	Sí	X	No
Cobertizos para bombas	Sí	X	No

## 2.16 Bases de diseño para instrumentos.

### Tipo de tablero (gráfico, semigráfico o no gráfico).

Se utilizara un PLC (controlador lógico programable) el cual mandara señal al cuarto de control en donde esta se podrá visualizar a través de un CPU (Unidad de proceso y control) lo que se conoce como una computadora.

### Tipo de señal (Eléctrica o Neumática).

Para las señales eléctricas se usara dos tipos de señales la analógica (4 a 20 mA c.c) y señal digital de (24 y 120 volts c.c.).

Para las señales neumáticas de 3-15 psi y de 0.2 – 1 bar.

### Tipo de tubo para sistema neumático.

Para válvulas de control se utilizara tubo de acero inoxidable de ½" Ø también llamado *tubing*.

Para el cabezal principal, tubo de acero al carbón 3" Ø.

Para los tiros y unidades de distribución de aire se usara tubo acero al carbón ½"Ø.

Para los equipos de proceso se usara tubo acero al carbón de 1"Ø.

### **2.17 Bases para Diseño de Equipo.**

**Compresoras.**

Que nos proporcione un máximo de 300 lb/in<sup>2</sup>

**Tipo Preferido de compresoras.**

Tipo paquete.

**Tipo preferido de Accionadores.**

Eléctricos, (motor eléctrico)

**Sobrediseño deseado:**

20 % mayor de su capacidad normal.

**Tipo de Accionadores:**

Eléctricos.

## CONCLUSIONES

Inicialmente se puede concluir que la industria para el proceso del papel y las maquinas procesadoras de papel a finales del siglo pasado, a principios y durante este siglo ha tenido una demanda muy importante, principalmente para papeles cuya fabricación tienen bajo costo y utiliza materia prima reciclada como es el caso del papel liner y médium, pero es muy importante puntualizar que actualmente no se cubre la demanda en los centros de acopio para obtener la materia prima requerida por esta industria, debido a la falta de cultura para el reciclaje del papel y cartón.

Continuando con este tema, además se concluye que es preponderante siempre considerar en las bases de diseño en futuros proyectos, en la parte de los servicios auxiliares la no contaminación por este tipo de procesos y la máxima recirculación del agua que sea utilizada para este proceso, incluyendo plantas con equipos de tecnología de punta para el tratamiento del efluente que produce esta industria.

También se debe de tener mucho cuidado en los equipos y servicios auxiliares que sean seleccionados para la correcta instalación y operación de la maquina procesadora de papel.

Finalmente, podemos concluir que se cumplió plenamente el objetivo de desarrollar las Bases de Diseño para la Ingeniería Básica de una Máquina de Papel.

La empresa a la fecha está en funcionamiento con una producción de 100 toneladas por día durante 332 días del año, el proceso tiene una eficiencia arriba del 94%. La capacidad y rendimiento es de 106 Ton/día de papel (de diseño), 100 Ton/día de papel (Normal) y 94 Ton/día de papel (Mínimo).

Fue especificada claramente la alimentación del proceso (en límite de batería), así como los productos, además se definieron las condiciones para el diseño de los equipos, instalaciones y servicios auxiliares que se necesitan para que se pudieran alcanzar las condiciones especificadas para la producción indicada en las bases de diseño.

De la misma manera, se definen los elementos de seguridad existentes que protegen a las líneas de alimentación (presión, flujo, temperatura, consistencia, nivel y pH).

Igualmente, se incluyó la especificación para la eliminación de desechos de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-001-ecol-1996. Los lodos obtenidos de láminas, alambres y plásticos se venden por Kilogramo a otras empresas. Se detallan los servicios auxiliares, como el vapor, el retorno del condensado, la extensión de la recuperación del condensado y se proporciona el análisis químico para el agua de enfriamiento de procesos, etc.

## BIBLIOGRAFÍA

Rase and Barrow: "Ingeniería de Proyectos de Plantas de Proceso"

Shawn Sudia and Skehan: TAPPI (Technical Association Pulp and Paper Industry) "1915-1990 TAPPI's first 75 years"

Normas y Estándares;

Norma Oficial Mexicana. NOM-001-ECOL-1996

N.F.P.A: National Fire Protection Association

N.E C: Código Nacional Eléctrico para la industria

I. S. A. Instrumentation Society of America

N.E.M.A National Electrical Manufacturers Association Domicilio: 2101 L. Street, N.W  
Washington D.C 20037.

La Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico, es una sociedad que establece normas, características y normas de equipo eléctrico incluyendo el que se usa en los diferentes procesos y sistemas de soldadura.

A.S.T.M American Society of Testing and Materials.

Domicilio: 1916 Race Street, Philadelphia, Pennsylvania 19103, U.S.A

La Sociedad Americana de Pruebas de Materiales. Se utilizará esta norma para la prueba de algunos materiales, sistemas.

Manual de diseño de Obra Civiles de la C.F.E

Revisión anual por parte de empresas asociadas y comisión de planeación y Estadística de C.N.I.P.

