

01158



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

POSGRADO DE INGENIERIA

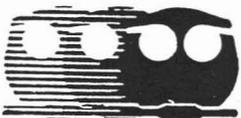
FABRICACION DE PAPEL KRAFT A PARTIR DEL RECICLAJE
DE RESIDUOS SOLIDOS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN INGENIERIA
(INGENIERIA DE SISTEMAS:
EVALUACION Y GERENCIA DE PROYECTOS)

P R E S E N T A :
ING. MARIA DOLORES JIMENEZ BENITEZ

DIRECTOR DE TESIS:
DR. CARLOS E. ESCOBAR TOLEDO



MEXICO, D. F.

2005

m 341357



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.

Integrantes del Jurado:

Presidente: **M.I. Alejandro Anaya Durand**
Secretario: **Dr. Modesto Javier Cruz Gómez**
Vocal: **Dr. Javier Suárez Rocha**

Suplentes:

Dr. Pedro Roquero Tejeda
M.A. José Fernando Báez Ramos

A mis padres

Muchas gracias...por todo.

A mis hermanas

No tengo palabras para ustedes, solamente que les guste o no, somos hermanas y me tendrán que soportar mientras viva... y cuidado y le hacen algo a Givanchy... pero por favor nunca, jamás, en ningún momento abandonen sus sueños, yo estoy aquí para ustedes...

"El buen combate es el que libramos en nombre de nuestros sueños. Cuando estallan en nosotros con todo su vigor—en la juventud—tenemos mucho valor, pero aún no hemos aprendido a luchar. Después de mucho esforzarnos, terminamos aprendiendo a luchar y entonces ya no tenemos el mismo valor para combatir. Por eso nos volvemos contra nosotros y nos combatimos a nosotros mismos, y nos transformamos en nuestro peor enemigo. Decimos que nuestros sueños eran infantiles, difíciles de realizar o simplemente, fruto de nuestro desconocimiento de la realidad de la vida. Matamos nuestros sueños porque tenemos miedo de librar el buen combate.

El primer síntoma de que estamos matando nuestros sueños es la falta de tiempo, el segundo son nuestras certezas y el tercer síntoma de la muerte de nuestros sueños es la paz.... Pero los sueños muertos comienzan a pudrirse dentro de nosotros y a infestar todo el ambiente que vivimos... comenzamos a volvernos crueles con quienes nos rodean y finalmente, nos volvemos crueles con nosotros. Y un buen día, los sueños muertos y podridos vuelven el aire difícil de respirar y comenzamos a desear la muerte, la muerte que nos libere de nuestras certezas, de nuestras ocupaciones y de aquella terrible paz de las tardes de domingo".

Paulo Coelho

A mi gordo

Mi amor chiquito, una nueva luz en mi existencia, eso es lo que significas en mi vida, además de que eres un angelito travieso y guapetón.

*Espero poder aprender de ti nuevamente todo lo que he olvidado, desde el caer y levantarme, aprender de nuevo a decir palabras amables y cariñosas, aprender a dar una caricia aún cuando no me la pidan, aprender otra vez a escuchar a las personas... quiero aprender de ti a disfrutar de las cosas sencillas de la vida, quiero que me contagies de tu alegría de vivir y que me corrijas cuando sea necesario. Dame fuerzas para seguir, ilumíname con tu sonrisa y bendíceme con tu amor. Ayúdame a no conformarme con lo que he logrado hasta este día. Y recuerda hijo: "La llamada obliga a la respuesta"
Con mucho amor, te dedico este trabajo, aunque en una buena parte tu cooperaste...*

tu mami...

A mi esposo

Compañero de vida, amigo y mi gran amor. Espero que sigamos muchos años más librando el buen combate. Muchas gracias por todo lo que me has dado.

“Los novios sonreían para las fotos y recibían felicitaciones. —Parece que ambos se aman — dijo, refiriéndose a la pareja-. Y creen que el amor es algo que crece. Dentro de poco estarán luchando solos por la vida, establecerán una casa y participarán de la misma aventura. Esto engrandece y vuelve digno el amor. El seguirá su carrera en el ejército; ella debe saber cocinar y ser una excelente ama de casa, porque fue educada desde niña para eso. Lo acompañará, tendrán hijos y si sintieran que están construyendo alguna cosa juntos es porque estarán en la lucha del buen combate. Entonces, a pesar de todos los tropiezos, jamás dejarán de ser felices.

Sin embargo, esta historia que estoy contándote puede suceder al revés. Él puede comenzar a sentir que no es lo suficientemente libre para manifestar todo el Eros, todo el amor que siente por otras mujeres. Ella puede comenzar a sentir que sacrificó una carrera y una vida brillante por acompañar al marido. Y entonces, en lugar de la creación conjunta, cada uno se sentirá lastimado en su amor. Eros, el espíritu que los une, comenzará a mostrar su lado malo, y aquello que Dios había destinado al hombre como su más noble sentimiento, pasará a ser fuente de odio y destrucción.”

*Paulo Coelho
El Peregrino*

A mis profesores

A todos los profesores que me han enseñado, muchas gracias... muchas gracias a todos los que me abrieron las puertas, a los que confiaron en mí sin cuestionarme nunca, a los que me ayudaron, a los que me instaron a seguir... Pero también gracias a quienes no tuvieron la certeza de que podría lograr mis metas, porque en muy buena parte gracias a sus negativas, me vi forzada a buscar otras salidas y a encontrar en mi camino y en la confianza otra puerta más a la cual dirigirme.

A mis amigos

Que a pesar de todas las dificultades en nuestra relación, la mistad y el cariño que nos tenemos dure para siempre, y cuando la eternidad haya terminado, continúe la energía de nuestra fraternidad fluyendo por el universo.

“Aunque yo hable la lengua de los hombres y de los ángeles; aunque tenga el don de profetizar y tenga fe al punto de mover montañas, si no tengo amor nada seré”

San Pablo Apóstol

INDICE DE CAPITULOS

	PAGINA
RESUMEN	9
OBJETIVOS E HIPOTESIS	11
INTRODUCCION	13
CAPITULO 1	
SITUACION ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL EN MEXICO	
1.1 Impacto ecológico de la industria de pulpa y papel	15
1.2 Mercado Nacional	
Mercado de papel y cartón	17
1.3 Mercado de Celulosa	19
1.4 Capacidades instaladas de plantas productoras de papel y celulosa	
1.4.1 Capacidad instalada de plantas productoras de celulosa	21
1.4.2 Capacidad de recolección y uso de fibras secundarias	23
1.4.3 Capacidad instalada de plantas productoras de papel	27
CAPITULO 2	
DESARROLLO DE LA INGENIERIA	
2.1 Desarrollo de la Ingeniería Conceptual	
2.1.1 Ingeniería Conceptual	33
2.1.2 Alcance del Proyecto	34
2.1.3 Seguridad dentro de la planta	36
2.1.4 Documentos entregables	37
2.2 Desarrollo de la Ingeniería Básica	
2.2.1 Proceso de fabricación	
1. Batido y Refinación	
a) Cara limpia	38
b) Relleno	39
2. Depuración de la pasta	40
3. Formación y prensado	40
4. Secado	42
5. Acabado	42
2.2.2 Fabricación de cartón corrugado	44
2.2.3 Lista de equipo	48
2.2.4 Descripción general del equipo	
Molinos	52
Depuradores	53
Deckers (espesadores)	53
Sistema de registro y control de consistencia	54
Hidrapulper (batidor)	54

INDICE DE CAPITULOS (continuación)

Máquina de papel	
Formación de la hoja de papel	55
Descripción general	56
	A. Sección Húmeda
	B. Sección Seca
Fourdrinier	58
	Características de la mesa de formación
	Características de la mesa de rodillos
2.3 Balance de materiales	
I. Producción	62
II. Composición	62
III. Consistencias y pérdidas	63
2.4 Comparación del proceso de elaboración de papel. El proceso actual y el proceso propuesto	76
CAPITULO 3	
EVALUACION ECONOMICA	
3.1 Criterios generales de evaluación	77
3.2 Costos generados por la sustitución de materias primas	79
3.3 Inversión fija y Costos de producción	80
3.4 Evaluación económica del proyecto	82
CONCLUSIONES	87
BIBLIOGRAFIA	89
ANEXO I	
MEMORIAS DESCRIPTIVAS	
I. Desarrollo del Balance de Masa	91
II. Criterios de selección de tuberías	93
III. Cálculos de la evaluación del proyecto	94
ANEXO II	
POLITICA AMBIENTAL	
I. Una opción para la definición de política forestal, una propuesta que se puede aplicar en México	97
II. Un ejemplo de aplicación: La política forestal actual en Chile	102

INDICE DE TABLAS

TABLA 1	Participación relativa en la producción de papel por grupos	17
TABLA 2	Importación total de papel	18
TABLA 3	Importación total de celulosas, pulpas y fibras secundarias	19
TABLA 4	Participación relativa del consumo de materias primas fibrosas en la producción de papel	20
TABLA 5	Capacidad instalada, consumo y posibilidad de producción, Celulosa química de madera sin blanquear.	21
TABLA 6	Proyecciones de Capacidad instalada, consumo y posibilidad de producción, Celulosa química de madera sin blanquear.	22
TABLA 7	Consumo estimado y posibilidad de recolección nacional de fibras secundarias.	23
TABLA 8	Proyecciones de Consumo estimado y posibilidad de recolección nacional de fibras secundarias.	24
TABLA 9	Capacidad instalada, consumo aparente y posibilidad de producción de papel para cajas.	27
TABLA 10	Proyecciones de Capacidad instalada, consumo aparente y posibilidad de producción de papel para cajas.	29
Tabla 11	Consumos del proceso (Materias primas y servicios)	72
Tabla 12	Presentación de los diámetros requeridos para las corrientes del Sistema I (Proceso original y propuesto)	73

INDICE DE TABLAS (continuación)

Tabla 13	Presentación de los diámetros requeridos para las corrientes del Sistema II (Proceso original y propuesto)	74
Tabla 14	Presentación de los diámetros requeridos para las corrientes del Sistema III (Proceso original y propuesto)	75
Tabla 15	Costos unitarios que corresponden a materias primas, servicios y mano de obra	78
TABLA 16	Monto diario generado por los "ahorros" obtenidos por la sustitución de alimentaciones	79
TABLA 17	Total de los costos anuales de manufactura de los productos	81
TABLA 18	Estado de resultados que genera la modificación a la planta	82
TABLA 19	Flujo de efectivo que genera la modificación a la planta	83
TABLA 20	Relación de equivalencias de diámetros de tubería vs el flujo másico transportado	91
TABLA 21	Método modular utilizado para determinar los costos de inversión dentro de la evaluación de este proyecto.	92
TABLA 21.A	Método modular utilizado para determinar los costos de inversión dentro de la evaluación de este proyecto (continuación).	93

INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO 1	Consumo estimado y posibilidad de recolección nacional de fibras secundarias.	25
GRAFICO 2	Proyecciones del consumo estimado y posibilidad de recolección nacional de fibras secundarias.	26
GRAFICO 3	Capacidad instalada, consumo aparente y posibilidad de producción de papel para cajas.	28
GRAFICO 4	Proyecciones de la capacidad instalada, consumo aparente y posibilidad de producción de papel para cajas.	29
GRAFICO 5	Comportamiento típico la línea de consumo aparente de productos.	31

INDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1	
Diagrama de operación de la planta productora de papel.	47
DIAGRAMA 2	
Diagrama del sistema I de la planta productora de papel.	49
DIAGRAMA 3	
Diagrama del sistema II de la planta productora de papel.	50
Corresponde al área de alimentación de fibras nuevas.	
DIAGRAMA 4	
Diagrama del sistema III de la planta productora de papel.	51
Corresponde al área de alimentación de fibras secundarias.	
DIAGRAMA 5	
Diagrama del sistema I de la planta productora de papel.	66
Corresponde al proceso original.	
DIAGRAMA 6	
Diagrama del sistema II de la planta productora de papel.	67
Corresponde al proceso original, la alimentación es del 80 % de fibras nuevas.	
DIAGRAMA 7	
Diagrama del sistema III de la planta productora de papel.	68
Corresponde al proceso original, la alimentación es del 20 % de fibras secundarias.	
DIAGRAMA 8	
Diagrama del sistema I de la planta productora de papel.	69
Corresponde al proceso modificado.	
DIAGRAMA 9	
Diagrama del sistema II de la planta productora de papel.	70
Corresponde al proceso modificado, la alimentación corresponde al 29.50 % de fibras nuevas.	
DIAGRAMA 10	
Diagrama del sistema III de la planta productora de papel.	71
Corresponde al proceso modificado, la alimentación corresponde al 70.50 % de fibras secundarias.	

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1		
	Distribución de áreas de la planta	35
FIGURA 2		
	Representación de las principales operaciones que se realizan en la elaboración de papel	46

RESUMEN

Se manejan dos hipótesis dentro de este trabajo: El abatir costos y establecer un liderazgo en los mismos en la manufactura de papel kraft y como consecuencia, mejorar la competitividad de una fábrica de cajas de cartón utilizando fibra secundaria obtenida de los residuos municipales como alimentación principal del proceso. Entonces, se propone la modificación de las alimentaciones de la planta usándose el 29.50 % de celulosa y el 70.50 % de fibra obtenida de los residuos municipales. Se presenta la situación actual de la industria de la pulpa y papel en México. Se define la ingeniería conceptual y básica, incluyéndose: alcance del proyecto, descripción del proceso de formación de la hoja y fabricación de cajas. Se incluyen además: lista, descripción y dimensión de equipos; diagramas de operación, y de corrientes; además de una lista de las operaciones que deben llevarse a cabo para obtener el papel kraft; se tabulan los resultados del cálculo del balance de materiales del proceso, junto con los diámetros de tuberías de la planta. Se muestran criterios aplicados y el desarrollo de la evaluación económica del proyecto. Se incluye bibliografía y memorias descriptivas y un bosquejo de la política forestal que podría aplicarse para el manejo sustentable del bosque; se concluye técnica y económicamente factible la modificación de la alimentación y se demuestra el abatimiento de costos. Se considera que esta investigación puede ser continuada con un trabajo independiente, proponiéndose una modificación de 100 % de fibras secundarias en la alimentación al proceso, sustituyendo totalmente el empleo de fibras nuevas. Los métodos de investigación aplicados, fueron investigación bibliográfica y aplicación de datos experimentales.

OBJETIVOS

Proponer un proceso de fabricación de papel kraft evaluando:

- *La obtención de celulosa del proceso químico a partir de madera y del reciclaje de residuos sólidos.*
- *El mercado de papel y cartón (kraft) contra la importación directa de éstos.*
- *La factibilidad económica de cada alternativa incluyendo la correspondiente a las importaciones de papel y cartón.*
- *La fabricación de papel a partir de fibras nuevas o de fibras secundarias.*

HIPOTESIS

- 1) *Es posible diseñar y operar una planta de producción de papel cuya alimentación de materias primas sea de 70.50 % de fibra secundaria y 29.50 % de fibras nuevas, siendo al mismo tiempo rentable el proceso en la producción de papel kraft.*
- 2) *Es posible abatir y establecer un liderazgo en costos en la manufactura de papel kraft a través del uso de fibras secundarias recuperadas de los residuos municipales.*

INTRODUCCION

En este trabajo de investigación, primeramente se encuentra descrita brevemente una parte de la problemática de la industria de la celulosa y el papel en conjunto con información de la situación actual de esta rama industrial en nuestro país, tocándose en los anexos también el desarrollo y la explotación sustentable de los recursos renovables a nivel nacional.

Se presenta el caso de una planta típica, diseñada por terceros y operando eficientemente, pero debido a la situación económica de la industria, presenta un cuadro de poca competitividad con los productos provenientes del exterior, para poder resolver el problema, aquí no solamente se aplica la ingeniería, también es necesario desarrollar como innovación una idea, es decir, disociar el concepto del problema y la acción como una solución; se incluye con estos fines el desarrollo de la ingeniería conceptual del problema y una parte de lo que sería la ingeniería básica en un caso de aplicación de este tipo.

Como Ingeniería conceptual, se presenta el planteamiento del problema al que se enfrenta dicha planta, es decir, se define el problema principal que se presenta dentro del sistema que es sujeto de estudio, y se plantean los documentos entregables del proyecto a desarrollar.

Dentro de la ingeniería básica, podemos hallar la descripción detallada del proceso utilizado en la producción de celulosa y papel por la planta típica y se presenta una modificación a este mismo para disminuir el consumo de celulosa nueva (fibras nuevas). Posteriormente se muestra información detallada de los equipos utilizados en el proceso, adjunto a esta información se hallará una descripción general de los mismos equipos y en ésta etapa, se muestran las corrientes de proceso, mismas que se presentan a manera de diagramas -agrupadas por sistemas de corrientes- para facilitar la visualización de las mismas como un conjunto. En este punto, la investigación ya desarrollada, sugiere que es posible el aumentar la vida útil de una planta haciendo modificaciones a ciertas partes del proceso, por supuesto, sin afectar el desempeño del mismo ni la calidad de los productos. Con base a esta percepción, se hace una propuesta factible técnicamente en las condiciones actuales de la planta, así se obtiene el resultado que se presenta de igual modo que el problema: Se disocia la idea de concepto y acción para solucionarlo. Al mismo tiempo, y al final de esta etapa de la investigación, se presenta el balance de materia del proceso propuesto, mismo que servirá para hallar una solución más concreta al problema expuesto.

Finalmente, en la última parte del trabajo se presentan la evaluación económica en el caso de estudio, las conclusiones que se obtuvieron en el desarrollo de la investigación y algunos datos de interés que podrían ser útiles para la comprensión de este trabajo durante su consulta.

Por lo tanto, el *objetivo* de ésta tesis puede definirse como sigue: proponer un proceso de fabricación para mejorar el diseño y la operación de una planta productora de pulpa de papel utilizando fibra secundaria, contribuyendo de este modo al desarrollo sustentable en la fabricación de papel kraft. Mientras que la *hipótesis* es la siguiente: es posible diseñar y operar una planta de producción de papel cuya alimentación de materias primas de 70.50 % de fibra secundaria y 29.50 % de fibras nuevas, siendo al mismo tiempo rentable el proceso en la producción de papel kraft.

1.0 SITUACION ACTUAL DE LA INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL EN MEXICO

1.1 IMPACTO ECOLÓGICO DE LA INDUSTRIA DE PULPA Y PAPEL.

Hasta hace unas décadas no se daba la debida importancia a los problemas de contaminación. Por este motivo, las industrias contaminaban en gran escala, y sólo se empezó a tomar conciencia hasta que las consecuencias fueron considerables. Lamentablemente la magnitud del problema es enorme, por lo que deben tomarse medidas radicales si se requiere acabar con él. En el pasado, las normas de calidad se concentraron principalmente en la función central del producto, pero actualmente en todo el mundo los factores ambientales son ya una parte integral del proceso de valoración, hoy día, la calidad es todo lo concerniente a la satisfacción del cliente y cada vez es mayor el número de consumidores que tienen interés en el perfil ecológico del producto. Entre los productos más susceptibles a este interés están los generados por la industria de celulosa y papel, ya que los procesos de cocción y blanqueo son altamente contaminantes, además de que la principal materia prima –la madera- se ha explotado de manera irracional en muchos lugares, poniendo en peligro los bosques y dando a las fábricas de papel la fama de depredadoras. Los procesos convencionales de fabricación de pulpa y papel están ya cargando con la mala reputación dada tanto por la contaminación provocada por la industria, como por la promoción de la tala de árboles; por esta razón, es más común encontrar etiquetas que resaltan el aspecto ecológico de los productos, así mismo, no es sorpresa el que la industria de pulpa y papel llegue a enfrentarse en un futuro casi inmediato a mayores restricciones.

La contaminación del agua se sabe es la introducción en el agua de sustancias que, por sus características y proporción, alteran la calidad natural de ésta y perjudican su utilidad o la vuelven ofensiva a los sentidos de la vista, gusto u olfato. Las categorías principales de la contaminación del agua, en lo que concierne a la industria de pulpa y papel, se enlistan a continuación.

- Sólidos. Esta categoría puede dividirse como sigue:
 - Totales.
 - Disueltos.
 - Suspendidos.
 - Fijables.
 - No fijables.
 - Volátiles y fijos.
- pH.
- Toxicidad.
- Temperatura.
- Color.
- Oxígeno Disuelto.
- Demanda de oxígeno.

Contaminantes presentes en el proceso de pulpeo.

Entre los principales compuestos tóxicos no volátiles presentes en los procesos de descortezado y pulpeo se encuentran resinas ácidas incluyendo el ácido abiótico, isoprimárico, palústrico, primárico, sandaracoprimárico y neoabiótico; ácidos grasos insaturados como el oleico, linoleico y palmitoleico; resinas cloradas, incluidas monocloro y dicloro dehidroabiótico. Los compuestos volátiles de azufre, tales como el sulfuro de hidrógeno, metil mercaptano y dimetilsulfuro, también contribuyen a la toxicidad de los efluentes de las fábricas kraft. Los sulfuros, los compuestos orgánicos azufrados, las resinas ácidas, los fenoles clorados y los terpenos, tomando esto en cuenta para reducir el uso de agua y el volumen de efluentes generados en la planta las fábricas de pulpa y papel se encaminan hacia un sistema cerrado. En el proceso de pulpeo, el problema de la contaminación del agua se ataca de las siguientes maneras:

- Instrumentando sistemas de recirculación de agua,
- Mediante la sedimentación de partículas usando clarificadores, filtros, centrífugas, etcétera.
- Usando carbón activado, membranas, tratamiento con aminas y ozonización para eliminar el color del agua.

El material emitido se mezcla en la atmósfera y puede ser transportado a grandes distancias por los vientos dominantes. Durante el proceso de transporte, las reacciones químicas que ocurren alteran el estado físico y químico del contaminante. Muchos de los procesos usados para convertir la madera en pulpa, papel y cartón son fuentes de contaminación atmosférica. Los gases malolientes emitidos por el proceso kraft están asociados con la producción y liberación durante el pulpeo de varias cantidades de sulfuro de hidrógeno (H_2S), metil mercaptano (CH_3SH) y varios sulfuros orgánicos a los que en conjunto se les denomina mercaptanos o compuestos azufrados, los cuales se determinan mediante el azufre reducido total (ART). También pueden emitirse óxidos de azufre (SO_x) y de nitrógeno (NO_x),

Otros contaminantes atmosféricos potenciales que pueden liberarse durante el pulpeo incluyen los hidrocarburos asociados con los componentes extractivos de la madera, entre los que se encuentran los terpenos, ácidos grasos y resinas ácidas. Otro aspecto de la contaminación del aire por el proceso kraft es la emisión de partículas, la mayoría de las emisiones proceden de los procesos de combustión. Las partículas normalmente tienen un diámetro de 0.01 a 1.0 mm y tiempos de residencia en la atmósfera de 7 a 40 días.

1.2 MERCADO NACIONAL

1.2.1 MERCADO DE PAPEL Y CARTON (CONSUMO APARENTE)

Primeramente, el papel de empaque tienen una amplia participación en el mercado, ya que como se muestra en la Tabla 1 en 1995 tenía una participación del 58.1 % del mercado manteniéndose ésta misma dentro de un margen estable, siendo la máxima variación en 1997 con un 56 % de participación, volviendo a incrementarse en los años posteriores.

Esto es crucial en el desarrollo de ésta investigación ya que el uso de celulosa en la elaboración de pulpa ha caído en la obsolescencia, aumentando debido a esto el uso de la fibra secundaria, como consecuencia a estas acciones, la mayor parte de la alimentación en el proceso productivo de papel se hace con fibra secundaria del color natural de la pasta (café) lo cual supone una menor producción de contaminantes en el proceso (Libby, 1980).

En el caso de la importación, en la tabla 2 se presenta el comportamiento de ésta, mismo que no se ha mantenido sino que al paso del tiempo ha incrementado de manera constante dentro del período de referencia.

De acuerdo a los datos antes mencionados se ha decidido atacar la rama del papel kraft (utilizado para envoltura y envasado), ya que la industria mexicana no cubre la demanda nacional principalmente por la apertura de las fronteras con nuestros vecinos del norte, ya que estos países ofrecieron productos de la misma calidad a menor precio en el mercado distribuidor de papel.

Por lo que podemos decir que la industria de celulosa y papel representa una oportunidad, ya que lo producido a nivel nacional no cubre la demanda del mercado, además no todos los fabricantes de papel producen pasta de celulosa.

TABLA 1. PARTICIPACION RELATIVA EN LA PRODUCCION DE PAPEL POR GRUPOS

TIPO DE PAPEL	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Escritura e impresión	25.4	25.1	26.2	25.4	24.9	24.2
Empaque	58.1	58.7	56.0	57.1	57.1	57.4
Sanitario y facial	15.4	15.4	17.1	16.9	17.4	17.7
Especiales	0.8	0.8	0.7	0.6	0.6	0.7
Total (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

FUENTE: Biblioteca de la Cámara Nacional de Industria de la Celulosa y Papel (CNICP). Memoria de la industria, 2000.

TABLA 2. IMPORTACION TOTAL DE PAPEL (Toneladas métricas)

Concepto	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Periódico y libro de texto	80 791	60 733	107 834	106 432	172 153	175 426
Papel blanco para escritura e impresión	168 423	200 698	264 415	267 390	297 243	356 249
Subtotal escritura e impresión	249 214	261 431	372 249	373 822	469 396	531 675
Sacos, bolsas y envoltura	35 936	38 952	48 989	52 451	49 634	62 375
Papel para cajas	130 657	198 665	271 669	358 210	421 214	497 346
Cartoncillo	13 965	32 293	54 367	44 973	57 844	59 443
Cartoncillo para líquidos comestibles	32 351	44 073	73 004	73 048	98 006	97 733
Subtotal empaque	212 909	313 983	448 029	528 682	626 698	716 897
Sanitario y facial	23 014	36 997	20 561	37 926	48 524	67 157
Especiales	158 896	145 857	182 119	209 027	253 027	303 284
TOTAL	644,033	758,268	1'022,958	1'149,457	1'397,645	1'619,013

FUENTE: Biblioteca de la Cámara Nacional de Industria de la Celulosa y Papel (CNICP). Memoria de la industria, 2000.

1.3 MERCADO DE CELULOSA

Dentro de este tema podemos también demostrar que se está importando fibra secundaria, el equivalente a esta acción es el importar residuos municipales seleccionados. En la tabla 3 se presentan las importaciones totales de celulosa y fibra secundaria, de esta tabla, notemos que en 1997 se presenta la más alta variación en la importación de las fibras secundarias, disminuyendo los años posteriores, siendo esto una posible repercusión de la nueva conciencia ambiental que está tomando la población.

Como referencia, se presenta la tabla 4, que muestra la participación de las materias primas fibrosas en la producción de papel, en el caso de las fibras secundarias podemos destacar que tienen una alta participación como materia prima en la producción de papel y específicamente, las fibras secundarias de color natural de la pasta presentan el más alto índice de consumo como materia prima.

TABLA 3. IMPORTACION TOTAL DE CELULOSAS, PULPAS Y FIBRAS SECUNDARIAS (Toneladas métricas)

Concepto	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Celulosas madera blanca	296 521	240 090	282 899	252 962	328 663	319 564
Celulosa madera fibra corta	126 529	121 274	157 949	152 504	150 929	112 097
Celulosa madera sin blanquear	2 600	5 315	4 464	4 356	6 125	3 776
Pulpa mecánica de madera	131	87	6 116	2 198	697	20
Pulpa químico-termomecánica de madera	51 582	32 564	66 572	36 032	19 979	19 964
Subtotal celulosas	477 363	399 330	518 000	448 052	506 393	455 421
Fibra secundaria café	522 034	510 425	508 098	516 850	507 080	493 918
Fibra secundaria blanca	163 345	255 538	344 411	333 602	257 287	311 160
Periódico impreso	376 136	429 998	495 770	528 853	476 932	399 006
Otras fibras secundarias	46 814	59 253	57 679	52 875	107 424	180 936
Subtotal fibras secundarias	1 108 329	1 255 214	1 405 958	1 432 180	1 348 723	1 385 020
TOTAL	1 585 692	1 654 544	1 923 958	1 880 232	1 855 116	1 840 441

FUENTE: Biblioteca de la Cámara Nacional de Industria de la Celulosa y Papel (CNICP). Memoria de la industria, 2000.

TABLA 4 PARTICIPACION RELATIVA DEL CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS FIBROSAS EN LA PRODUCCION DE PAPEL

MATERIAS PRIMAS	1995	1996	1997	1998	1999	2000
1. CELULOSA QUIMICA DE MADERA						
a) Al sulfato	15.5	14.5	17.4	16.3	13.8	12.8
Blanqueada de fibra larga	7.3	5.6	8.1	6.3	5.4	5.3
Blanqueada de fibra corta	5.6	5.8	6.8	7.1	6.2	5.8
Sin blanquear de fibra larga	2.5	3.1	2.5	2.9	2.2	1.7
b) Al sulfito	-	-	-	-	-	-
2. CELULOSA QUIMICA DE PLANTAS ANUALES (caña o trigo)						
a) De bagazo	3.5	4.5	3.5	4.4	4.7	4.5
Blanqueada	3.5	4.2	3.5	4.4	4.7	4.5
3. PULPAS MECANICAS	2.4	2.4	1.9	1.6	1.6	2.4
4. OTRAS CELULOSAS	0.3	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1
SUBTOTAL CELULOSAS	21.7	21.4	22.9	22.4	20.2	19.8
5. FIBRAS SECUNDARIAS	78.3	78.6	77.1	77.6	79.8	80.2
a) Del color natural de la pasta	48.0	46.3	45.8	45.8	46.4	48.2
b) Blanco	11.7	11.7	10.4	11.9	13.7	12.9
c) Tarjeta tubular	-	0.6	0.1	0.1	0.1	-
d) Periódico	16.4	17.8	19.0	18.0	17.8	17.5
e) Gris y otros	2.2	2.2	1.8	1.8	1.8	1.6
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

FUENTE: Biblioteca de la Cámara Nacional de Industria de la Celulosa y Papel (CNICP). Memoria de la industria, 2000.

1.4 CAPACIDADES INSTALADAS DE PLANTAS DE PAPEL Y CELULOSA

1.4.1 CAPACIDAD INSTALADA DE PLANTAS PRODUCTORAS DE CELULOSA

Dentro de nuestro país, existen siete plantas productoras de celulosa. A continuación, se presenta la capacidad instalada total de dichas industrias hasta el año 2002, del año 2003 al 2005 son proyecciones que se realizaron de acuerdo a la demanda y consumo aparente de años anteriores, suponiendo que los requerimientos de fibras nuevas –específicamente de celulosa de color natural- para satisfacer el consumo interno de papel, hasta el límite de los últimos.

TABLA 5. CAPACIDAD INSTALADA, CONSUMO Y POSIBILIDAD DE PRODUCCIÓN.
CELULOSA QUÍMICA DE MADERA SIN BLANQUEAR ¹
(Miles de Toneladas)

CONCEPTO	AÑO						
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Capacidad Instalada	200	200	200	200	200	200	200
Consumo	95	77	94	94	95	96	96
Posibilidad de Producción	83	71	180	180	180	180	180

*De 1999 a 2002 se reflejan los datos reales de la producción y del consumo de celulosas y pulpas, para satisfacer la producción total de papel. Las cifras de 2003 a 2005, suponen los requerimientos de fibra virgen para satisfacer el consumo interno de papel, hasta el límite de producción de este último.

¹ Incluye fibra larga y corta

FUENTE: Biblioteca de la Cámara Nacional de Industria de la Celulosa y Papel (CNICP). Memoria de la industria, 2000.

En el caso de la tabla 5, observamos que existe una capacidad instalada mucho mayor a la requerida, ya que la capacidad instalada de producción es de 200 miles de toneladas y hasta el año presente se tiene un consumo de 96 miles de toneladas, esto representa un desaprovechamiento de las instalaciones de 52 % en la actualidad, mismo que podría explotarse y ser utilizado para la exportación.

TABLA 6. PROYECCIONES DE CAPACIDAD INSTALADA, CONSUMO Y
POSIBILIDAD DE PRODUCCIÓN.

CELULOSA QUÍMICA DE MADERA SIN BLANQUEAR ¹

(Miles de Toneladas)

CONCEPTO	AÑO				
	2006	2007	2008	2009	2010
Capacidad Instalada	200	200	200	200	200
Consumo	96	100	101	102	103
Posibilidad de Producción	96	100	101	102	103

*Las cifras de 2006 a 2010, suponen los requerimientos de fibra virgen para satisfacer el consumo interno de papel, hasta el límite de producción de este último.

¹ Incluye fibra larga y corta

FUENTE: Biblioteca de la Cámara Nacional de Industria de la Celulosa y Papel (CNICP). Memoria de la industria, 2000.

La tabla 6 presenta las proyecciones de los años 2006 al 2010 de la capacidad instalada, consumo y posibilidad de producción de celulosa química sin blanquear, como podemos observar claramente el consumo aumenta de manera constante y lentamente, la capacidad se mantiene constante y la posibilidad de producción espera aumentar con el paso del tiempo, pero la capacidad instalada rebasa altamente el consumo de este material, lo cual nos indica un desperdicio en las capacidades instaladas actualmente ya que por el año 2010 apenas estarán produciendo al 50% las plantas actuales, este comportamiento será analizado con más detalle más adelante en este mismo capítulo.

1.4.2 CAPACIDAD DE RECOLECCION Y USO DE FIBRAS SECUNDARIAS

Es necesario señalar que existe la posibilidad de producir celulosa a partir del reciclado de papel y trapo desechados a través de los residuos municipales (basura) en especial de oficinas y hogares, además de los que representen las grandes industrias, en estos pueden incluirse : papel periódico, cuadernos usados, libros (nuevos y usados), ediciones de revistas, cartones, cajas y empaques de regalos, entre otros, de aplicarse esto, existe una tabla que muestra lo siguiente, la posibilidad de recolección nacional de fibra secundaria, lo cual sería un punto potencial de aprovechamiento de fibras.

Como dato importante, resaltaremos que en la zona conurbana del Distrito Federal se recolectan 11,850 toneladas de residuos municipales diariamente (*Camacho, 2003*), de los cuales aproximadamente corresponden a: 3.710 % de papel bond, 4.355 % a papel periódico, 1.840 % a envases de cartón y 0.465 % a trapo, lo que da por resultado un 10.370 %, lo que significaría una posible recolección de 1,228.845 toneladas de materia prima (fibra secundaria) por cada día.

TABLA 7. CONSUMO ESTIMADO Y POSIBILIDAD DE RECOLECCION NACIONAL DE FIBRAS SECUNDARIAS
(Miles de Toneladas)

CONCEPTO	AÑO						
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Consumo de Fibra Secundaria	3,452	3,522	4,244	4,270	4,312	4,438	4,440
Recolección Nacional ¹	2,287	2,321	2,431	2,566	2,723	2,884	3,058
Índice de recolección (%)	46.1	43.7	43.7	43.7	43.7	43.7	43.7

*De 1999 a 2002 se reflejan los datos reales de la producción y del consumo de fibra secundaria, para satisfacer la producción total de papel. Las cifras de 2003 a 2005, representan las necesidades exclusivas de fibras secundarias para satisfacer el consumo interno de papel. Las proyecciones del consumo de materias fibrosas, se realizaron con base a la mezcla del 2001, no se consideran cambios en las mezclas para el período 2003-2005 por un mayor uso de fibra reprocesada (regenerada y/o destintada).

¹ El índice de recolección del 2001, resulta de dividir la recolección de las diferentes materias primas secundarias (a través del consumo reportado por las fábricas) entre el consumo aparente de papel.

Para el periodo 2003-2005 la recolección nacional está calculada, aplicando los índices de recolección obtenidos a las estimaciones del consumo aparente de papel.

FUENTE: Biblioteca de la Cámara Nacional de Industria de la Celulosa y Papel (CNICP). Memoria de la industria, 2000.

Si hablamos del consumo y posibilidad de recolección nacional de fibras secundarias, la tabla 6 muestra un incremento en el consumo de Fibra Secundaria durante todo el período de tiempo tabulado, no obstante el Índice de recolección se mantiene constante durante el mismo período de tiempo, aquí podría dársele la interpretación siguiente:

- Se prevé un incremento en las alimentaciones de Fibra secundaria a los procesos de obtención de papel, o bien
- Se generarán más residuos municipales de los que ahora se generan y no se aumentará la recolección en la misma proporción, sino que seguirán separando la misma cantidad de residuos sólidos en los sitios de generación.

TABLA 8. PROYECCIONES DEL CONSUMO ESTIMADO Y POSIBILIDAD DE RECOLECCION NACIONAL DE FIBRAS SECUNDARIAS

(Miles de Toneladas)

CONCEPTO	AÑO				
	2006	2007	2008	2009	2010
Consumo de Fibra Secundaria	4,630	4,846	4,954	5,078	5,218
Recolección Nacional ¹	3,210	3,388	3,581	3,786	4,000
Índice de recolección	43.31	43.23	43.15	43.06	42.95

*Las cifras de 2006 a 2010, representan las necesidades exclusivas de fibras secundarias para satisfacer el consumo interno de papel. Las proyecciones del consumo de materias fibrosas, se realizaron con base a la mezcla del 2001, no se consideran cambios en las mezclas para el período posterior por un mayor uso de fibra reprocesada (regenerada y/o destintada).

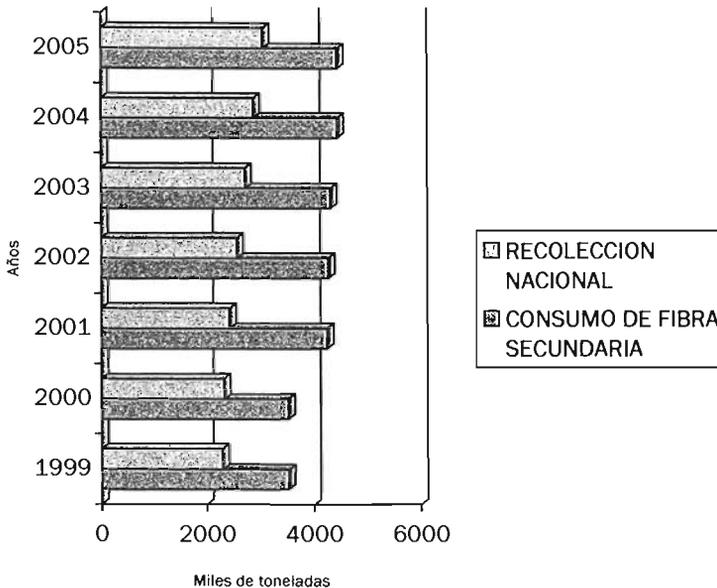
¹ El índice de recolección del 2001, resulta de dividir la recolección de las diferentes materias primas secundarias (a través del consumo reportado por las fábricas) entre el consumo aparente de papel.

Para el período la recolección nacional está calculada, aplicando los índices de recolección obtenidos a las estimaciones del consumo aparente de papel.

FUENTE: Biblioteca de la Cámara Nacional de Industria de la Celulosa y Papel (CNICP). Memoria de la industria, 2000.

Mientras que en la tabla 8 se presenta una situación similar que en la tabla 6, y dado que es el mismo producto el que tratan ambos cuadros, podemos compararlas directamente, como antes se había expuesto, la interpretación de los datos es la misma en este caso, pudiéndose suponer de manera más firme el hecho de que con el paso del tiempo la población aumentará la generación de residuos municipales, y como la recolección será la misma, el índice de recolección se verá disminuido.

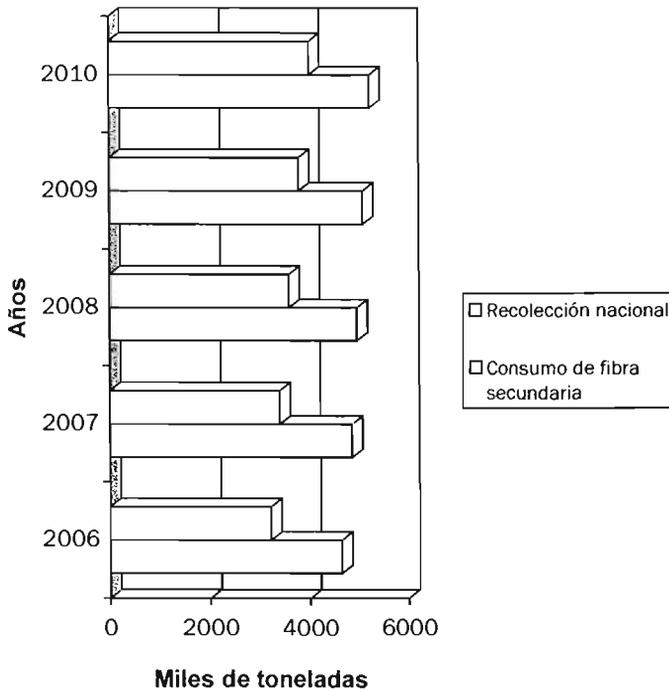
GRAFICA 1. CONSUMO ESTIMADO Y POSIBILIDAD DE RECOLECCION NACIONAL DE FIBRAS SECUNDARIAS



FUENTE: Con información de la tabla 6.

En este gráfico (gráfica 1), podemos observar que existe un mercado en la recolección de fibras secundarias, el cual sería importante destacar, ya que es aún un tramo inexplorado del mismo problema de reciclado de papel y podría ubicarse en este contexto una nueva posibilidad de desarrollo para las diversas industrias nacionales, porque se reforzaría la educación del reciclado y al mismo tiempo se aprovecharían fibras ya usadas disminuyendo la posibilidad de contaminación en los diversos municipios que cuenten con basureros y zona de relleno sanitario.

GRAFICA 2 PROYECCIONES DEL CONSUMO ESTIMADO Y POSIBILIDAD DE RECOLECCION NACIONAL DE FIBRAS SECUNDARIAS



FUENTE: Con información de la tabla 8

1.4.3 CAPACIDAD INSTALADA DE PLANTAS PRODUCTORAS DE PAPEL

En lo que respecta a las plantas productoras de papel, se puede observar la notoria diferencia que existe entre la industria productora de celulosa y la que representa a la producción de papel, se tienen un total de 57 plantas productoras de papel de las más diversas calidades y tipos.

Las gráficas que se mostrarán a continuación serán las de interés para este trabajo de investigación únicamente, es decir, se excluyen las producciones de papel para periódico, para escritura e impresión, para líquidos comestibles, papel sanitario y facial y los papeles especiales y todos aquellos papeles de envoltura y/o empaque que no sean específicamente cajas de cartón.

Las tablas 9 y 10 presentan los datos de la capacidad total instalada, consumo aparente y posibilidad de producción para el ramo de papel para cajas, estos sin incluir los empaques de líquidos comestibles, pero en específico, el gráfico 3 presenta un comparativo entre la capacidad total instalada, el consumo aparente y la posibilidad de producción, presenta a lo largo de 7 años el desarrollo de la capacidad total instalada para la producción, la cual vemos no ha presentado crecimiento alguno a partir del año 2, lo mismo ocurre con la posibilidad de producción, la cual no se ha modificado después del año 3, pero la tendencia del consumo aparente es seguir aumentando.

Mientras que la gráfica 4 nos indica las proyecciones de las modificaciones que podría sufrir la capacidad total instalada de producción de papel para cajas.

TABLA 9. CAPACIDAD INSTALADA, CONSUMO APARENTE Y POSIBILIDAD DE PRODUCCION
PAPEL PARA CAJAS
(Miles de Toneladas)

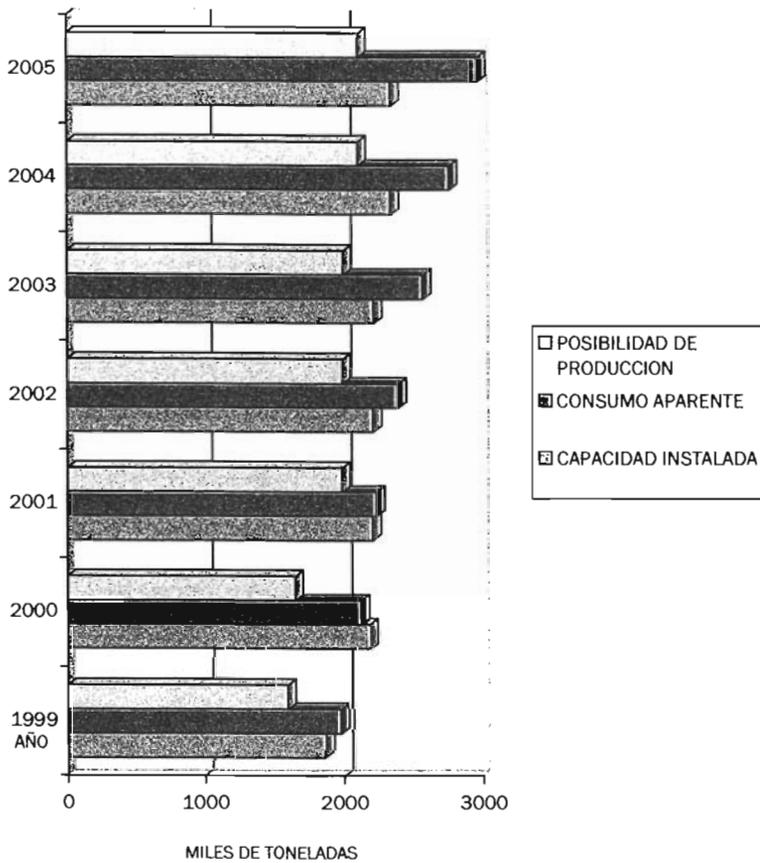
CONCEPTO	AÑO						
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Capacidad instalada	1,861	2,182	2,210	2,214	2,219	2,340	2,341
Consumo aparente	1,966	2,123	2,237	2,392	2,571	2,764	2,966
Posibilidad de producción	1,585	1,649	1,989	1,993	1,997	2,106	2,107

¹ De 1999 al 2002 se presentan datos reales en la categoría de capacidad instalada, mientras que del 2003 al 2005 se estiman dichos valores.

*De 1999 al 2002 las posibilidades de producción y consumo aparente son datos reales, mientras de del 2003 al 2005 se presentan datos estimados en ambas categorías.

FUENTE: Biblioteca de la Cámara Nacional de Industria de la Celulosa y Papel (CNICP). Memoria de la industria, 2000.

GRAFICA 3. CAPACIDAD INSTALADA, CONSUMO APARENTE Y POSIBILIDAD DE PRODUCCION
PAPEL PARA CAJAS



FUENTE: Con información de la tabla 9.

TABLA 10. PROYECCIONES DE CAPACIDAD INSTALADA, CONSUMO APARENTE Y
POSIBILIDAD DE PRODUCCION

PAPEL PARA CAJAS

(Miles de Toneladas)

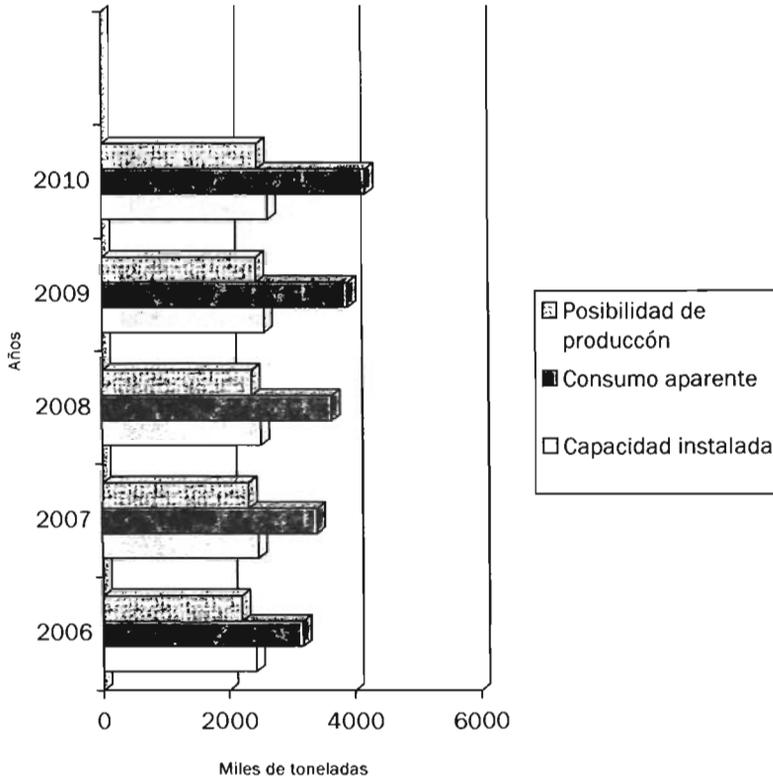
CONCEPTO	AÑO				
	2006	2007	2008	2009	2010
Capacidad Instalada	2,432	2,476	2,523	2,578	2,643
Consumo aparente	3,397	3,397	3,642	3,906	4,188
Posibilidad de Producción	2,209	2,319	2,379	2,450	2,471

i. Del 2006 al 2010 se estiman los valores en la categoría de capacidad instalada.

* Del 2006 al 2010 las posibilidades de producción y consumo aparente son datos estimados en ambas categorías.

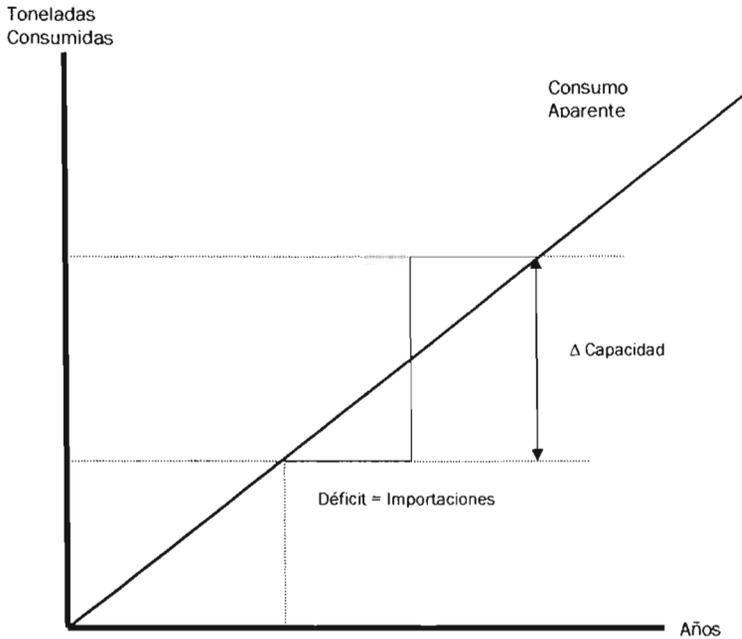
FUENTE: Biblioteca de la Cámara Nacional de Industria de la Celulosa y Papel (CNICP). Memoria de la industria, 2000.

GRAFICA 4 CAPACIDAD INSTALADA, CONSUMO APARENTE Y POSIBILIDAD DE PRODUCCION
PAPEL PARA CAJAS



FUENTE: Con información de la tabla 10.

GRAFICA 5 COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LA LINEA DE CONSUMO APARENTE DE PRODUCTOS



Dentro de este capítulo, observamos varias situaciones, desde la sobrecapacidad hasta el déficit total de la misma, para una mayor comprensión de los datos que se presentaron, citaré la gráfica 5, misma que se muestra sobre estas líneas y servirá para una mayor comprensión del material antes expuesto.

En el caso de la tabla 5, observamos que existe una capacidad instalada mucho mayor a la requerida, ya que existe una capacidad instalada de producción de 200 miles de toneladas y hasta el año presente se tiene un consumo de 96 miles de toneladas. Sin embargo, después del año 2006 se espera un incremento constante en el consumo, mismo incremento se esperaría en la capacidad de producción, si ahora analizamos la gráfica 5, nos encontramos en un punto donde existe una sobrecapacidad de producción, misma que si operara al 100 % provocaría una sobreoferta en el mercado.

Si hablamos del consumo y posibilidad de recolección nacional de fibras secundarias, la tabla 7 muestra un incremento en el consumo de Fibra Secundaria durante todo el período de tiempo tabulado, no obstante el Índice de recolección disminuye paulatinamente durante el mismo período de tiempo, aquí podría dársele la interpretación siguiente: Se prevé un

incremento en las alimentaciones de Fibra secundaria a los procesos de obtención de papel o bien, se generarán más residuos municipales de los que ahora se generan y no se aumentará la recolección, sino que seguirán separando la misma cantidad de residuos sólidos en los sitios de generación.

Ahora bien, la planta de estudio es para producir papel kraft, pero el producto terminado son cajas de cartón, así que la tabla 9 representa y la gráfica 3 en específico el problema que atacaremos. Si observamos la gráfica 5, tenemos que la curva de consumo aparente para este producto; la industria nacional correspondiente a la celulosa y el papel se encuentra con un consumo aparente de 2,746 miles de toneladas y con una posibilidad de producción de 2,106 miles de toneladas, mientras que tiene una capacidad instalada de 2,340 miles de toneladas, sin tomar en cuenta esto, y sabiendo que las exportaciones son cero, se presenta un déficit de 658 miles de toneladas, mismos que se cubren en el mercado nacional con la importación de cajas.

Desde este punto de vista, la gráfica 5 se interpreta para este problema de la manera que sigue: El consumo aparente de cajas sigue una tendencia de incremento de manera creciente y constante, mientras que la capacidad instalada representa un número discreto ya que no puede ser modificada a menos que se haga una nueva planta productora. Como esta capacidad es constante, al momento de tocar la línea de consumo aparente y seguir bajo esta curva, existe un déficit de productos dentro del mercado, mismo que indica la entrada de importaciones en el mercado nacional y es en este punto de la línea de tiempo -o antes si se es previsor - donde el tomador de decisiones se pregunta ¿es conveniente aumentar la capacidad instalada de la planta?, si lo es, ¿hasta dónde debo crecer? Y ¿la planta debe ser nueva o basta únicamente con modificar la actual?

Con lo expuesto durante este capítulo, se percibe que tenemos problemas en lo que respecta a la rama de la industria del papel y el cartón, la tabla 9 indica claramente que desde 1999 el consumo aparente era mayor que la posibilidad de producción y esta relación se ha mantenido hasta hoy con una creciente tendencia de aumento del consumo de cajas y aunque en otras ramas -por Ej. Producción de celulosa- (CNCP, 2000) hay sobrecapacidad en la industria en un 100 % aproximadamente, relación que también se ha mantenido hasta el presente.

Por lo que el problema se puede resumir como sigue: La problemática que se observa es que ha crecido el uso de cajas de cartón como empaques, no así, la competitividad de las empresas productoras de mexicanas, situación que provoca que gran parte del mercado de este producto sea provisto con importaciones que se pueden sustituir con producto nacional.

2. DESARROLLO DE LA INGENIERIA

2.1 DESARROLLO DE LA INGENIERIA CONCEPTUAL

2.1.1 INGENIERÍA CONCEPTUAL

Dentro de las publicaciones existentes como acervo bibliográfico, existe escaso material concerniente a este tema, y el existente presenta opiniones divididas con respecto al significado y desarrollo de esta rama de todo proyecto. Por información obtenida dentro del curso de Ingeniería conceptual y básica (Anaya, Landgrave, 2001) se puede definir la ingeniería conceptual como el problema primario que se presenta dentro del sistema que es sujeto de estudio. En nuestro caso, en esta etapa del trabajo se presenta el desarrollo de la ingeniería conceptual definiendo el problema presente dentro de la planta caso de estudio, y cómo se pretende resolver éste de una manera preliminar a través de la entrega de los documentos que a continuación se desarrollan.

El problema es el hecho que las importaciones de papel crecen año con año de manera constante; revisando el sector productor de celulosa y papel del país se obtuvo que existe capacidad instalada suficiente para posicionar más papel mexicano en el mercado nacional pero el obstáculo principal es el precio, ya que el papel importado es más barato que el nacional, en base a esto y de acuerdo a las investigaciones realizadas es de hacer notar que en el caso de América del Norte los productos de papel son más baratos y además hacen mayor uso de las fibras secundarias modificando las alimentaciones del proceso, presuntamente en parte a esto se debe que sus costos de producción sean menores y sería una posible explicación a sus menores precios.

Desafortunadamente en México el problema es también la recolección y separación de los residuos municipales, ya que no existe de manera arraigada la cultura del reciclado y separación de residuos, ya sea de oficinas, hogares, comercios, etcétera pero esto está fuera del alcance de este proyecto.

Debido a lo antes expuesto, la intención de esta investigación es proponer la modificación que requiera una planta productora de papel kraft para que sea competitiva en costos - para poder competir en precios respecto a la importación, principalmente- debido a que actualmente cerca del 44.30 % del consumo aparente se satisface con la importación de productos terminados (INEGI,2002). Sólo como efecto de demostración hemos tomado una planta pequeña (50 % más pequeña que la de referencia), ya que la planta el suministro de materia prima correspondiente a la fibra secundaria representa un reto para este tipo de tecnología debido a que la separación de la basura es muy poco aplicada en México y por lo tanto no se conoce con exactitud su disponibilidad, siendo ésta la razón primordial del porque se eligió una planta de capacidad menor a la de referencia.

Ya que específicamente, la industria de la Celulosa y del papel necesita ser más competitiva en el mercado nacional, para poder lograr esto, se hace la propuesta de modificar el proceso de una planta que opera eficientemente, pero que presenta altos costos de producción. Para poder disminuir los costos, se manipularán las alimentaciones de materia prima, ya que la relación de alimentación original es de 80% de fibras nuevas y empleando el 20% restante en fibras secundarias. La manipulación de las alimentaciones que se propone con efectos de demostración es el utilizar un 29.5% de fibras nuevas y un 70.5 % de fibras secundarias, esto a manera de comprobación de un trabajo de investigación desarrollado anteriormente, donde se analizaba la calidad de los productos al llevarse a cabo una manipulación de este tipo y en estos porcentajes (Peña,1994).

2.1.2 ALCANCE DEL PROYECTO

Contenido

Este proyecto se aplicará a una planta existente, dentro de la cual sólo se harán las modificaciones pertinentes a los sistemas de alimentación y las zonas o equipos que resulten afectados.

Alcance de las instalaciones

Área 01- Planta de Producción de papel (SISTEMA I)

En esta área (Ver Figura 1) se ubican la corriente de la mezcla de las alimentaciones procesadas, recibiendo las fibras nuevas y la fibra secundaria ya tratadas, batidas, separadas y limpias, listas para ingresar a la máquina de formación, ahí se ubica la máquina productora de papel, tanto sección seca como la sección húmeda, los equipos que se encuentran ubicados dentro de esta sección son el rodillo extractor, las cajas de vacío, prensas, secador y calandrias. En la segunda sección se encuentra el área de almacenamiento de los productos, así como un área para carga de camiones.

Área 02 – Sección de fibra nueva (SISTEMA II)

Está ubicada en la parte posterior y contigua al área 01 (Ver Figura 1), aquí se recibirá la materia prima como madera, existe una fosa de almacenamiento húmeda, recibe la recirculación de la fosa de agua limpia y se lleva cabo el proceso de desfibrado. Los equipos que se ubican en esta parte son el hidrapulper de fibras nuevas, tanque de hidrapulper, regulador de consistencia, caja de distribución depuradores, caja de mezcla y formadores, de ahí se alimenta la pasta obtenida (alimentación tratada) al área 01.

Área 03 – Sección de fibra secundaria (SISTEMA III)

Está ubicada en la parte posterior y contigua al área 01 (Ver Figura 1), aquí se recibirá la materia prima como desperdicio de los residuos municipales previamente separados, existe una fosa de almacenamiento seca, recibe la recirculación de la fosa de agua blanca y se lleva cabo el proceso de desfibrado. Los equipos que se ubican en esta parte son el hidrapulper de fibras secundarias, una caja depuradora para el hidrapulper, tanque de hidrapulper, regulador de consistencia, caja de distribución depuradores, caja de mezcla y formadores, de ahí se alimenta la pasta obtenida (alimentación tratada) al área 01.

Área 04 - Servicios auxiliares y almacenamiento (OSBL)

En el caso de los servicios auxiliares estos serán proporcionados por terceros; el área de almacenamiento está operando (Ver Figura 1).

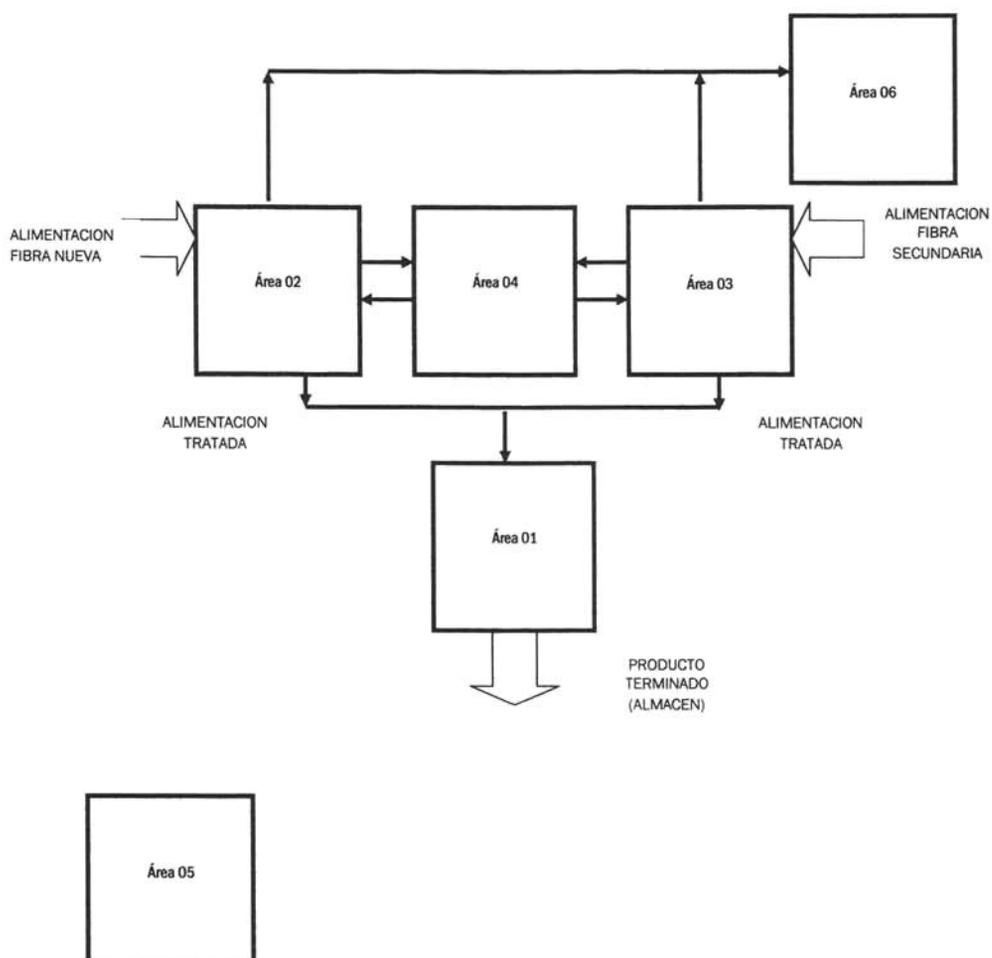
Área 05 - Oficinas/Cuarto de control/ laboratorio/taller/bodega

Corresponde a la sección donde se encuentran las oficinas en un edificio y el laboratorio de control de calidad y el cuarto de control (Ver Figura 1). Tanto el taller y la Bodega están comprendidos dentro de esta área pero son construcciones independientes y cuentan con todos los servicios disponibles.

Área 06 - Planta de tratamiento de efluentes

Independiente de las áreas antes mencionadas (Ver Figura 1), se ubica al norte del terreno y consta de fosa de pretratamiento, sistema de dosificación de químicos, separación y activación de lodos y en caso de resultar afectada, su disposición será por terceros.

Figura 1. Distribución de áreas de la planta



2.1.3. SEGURIDAD DENTRO DE LA PLANTA

Protección contra incendio

La disciplina de Sistemas Contra-incendio desarrolló la ingeniería de detalle que permitió obtener el suministro e instalación de los siguientes equipos:

Un tanque de almacenamiento atmosférico tipo vertical cilíndrico de acero al carbón ASTM-A-285 Gr.C, con una capacidad de 25 MBLF(3,633.6 m³) y la instrumentación asociada.

Una bomba centrífuga horizontal, de Tipo de flujo dividido bajo la especificación ANSI, con capacidad de 2000 gpm, accionada con motor eléctrico de 300 HP (220 kw). Las bombas serán diseñadas para proporcionar la capacidad con un factor de seguridad (150% de capacidad al 65% de la presión nominal) para protección adicional en caso de una demanda de agua más grande que la esperada.

Una bomba centrífuga horizontal, de tipo de flujo dividido bajo la especificación ANSI, con capacidad de 2000 gpm, accionada con motor de combustión interna que usa diesel, teniendo un sistema doble de baterías para arranque, o bien un sistema doble de recarga, basado en el generador de la propia máquina y en una fuente externa de potencia. Además de un tanque de día de diesel con capacidad para un suministro de 8 horas de funcionamiento sin interrupción trabajando a su máxima capacidad.

Asociados a la red de agua contra incendio se suministrarán hidrantes de tipo convencional con dos tomas con diámetro nominal de 2 ½" y consumos de 250 gpm, y monitores provistos de boquillas de niebla graduable y a chorro de 2 ½". Los monitores deben girar 120° en el plano vertical y un círculo completo en plano horizontal.

En el área de proceso donde se tenga que proteger equipos, estructuras, recipientes para gases y líquidos inflamables, esferas de almacenamiento, tuberías y equipo eléctrico tal como transformadores y motores se suministrarán sistemas fijos de aspersión de tipo húmedo.

En las áreas de cuarto de control, oficinas, laboratorios, almacén y taller se dispondrá de extinguidores de bióxido de carbono y polvo químico seco para combatir incendio de la clase B y C, los cuales se ubicarán de acuerdo a la norma NFTA.

2.1.4 DOCUMENTOS ENTREGABLES

En general, de acuerdo a lo expuesto, los documentos entregables en base al alcance que se presenta para este proyecto son:

1. Descripción del proceso
2. Descripción general de los siguientes equipos:
 - Molinos
 - Depuradores
 - Deckers
 - Sistema de registro y control de consistencias
 - Hidrapulper
 - Máquina de Papel
 - Fosa de la máquina
3. Balance de materiales:
 - Lista de equipo
 - Diagrama de distribución de áreas
 - Diagrama de operación del procesoDiagramas de flujo con corrientes de proceso
 - Sistema I. Proceso original (resumen)
 - Sistema II. Proceso original (resumen)
 - Sistema III. Proceso original (resumen)Diagramas de flujo con corrientes de proceso
 - Sistema I. Proceso modificado (resumen)
 - Sistema II. Proceso modificado (resumen)
 - Sistema III. Proceso modificado (resumen)
4. Resumen de corrientes con los diámetros requeridos por los flujos presentes
5. Evaluación económica del proyecto
6. Memorias de cálculo descriptivas:
 - Metodología de cálculo del balance
 - Metodología de selección de tuberías
 - Metodología correspondiente al desarrollo de la evaluación económica del proyecto

2.2 DESARROLLO DE LA INGENIERIA BASICA

2.2.1 PROCESO DE FABRICACION

Se ha considerado necesario el incluir una descripción del proceso de fabricación con objeto de señalar los factores que afectan a la pérdida de materiales.

El cartón se fabrica en máquinas de cilindros formadores, y generalmente está compuesto de dos diferentes calidades de materiales independientemente del número de formadores en que se fabrique: cara limpia o capa superior y relleno. Cada una de las pastas se prepara en un sistema de molienda independiente:

La cara limpia proporciona la superficie de impresión, y por razón natural, las materias primas para su fabricación deben estar exentas de impurezas que darían un mal aspecto al cartón; mientras que en el relleno no se tiene el requisito de buen aspecto, y se emplean para su elaboración papeles de desperdicio. Naturalmente, la presencia de partículas extrañas disminuirá la resistencia del producto, y por ello es necesaria la instalación de sistemas que las eliminen.

Las operaciones que se llevan a cabo en el proceso de fabricación son las que se describen a continuación:

1. BATIDO Y REFINACION

a. Cara limpia.

El objeto del batido es separar las fibras de celulosa o desperdicios y formar una suspensión homogénea. Con este objeto se emplean molinos desintegradores en forma de taza, de 3 m³ de capacidad que comercialmente reciben el nombre de hidrapulper, con un desintegrador o propela al fondo. El fondo del hidrapulper alrededor de la propela, está formado por una criba con orificios de 1/8" a fin de dejar pasar únicamente el papel que ya se ha desfibrado. En el hidrapulper de pasta limpia se trabaja con cargas intermitentes, recirculando la pasta a un refinador cónico de cuchillas anchas a una concentración de sólidos de 5% y diluyéndola al 3% antes de bombearla al tanque de hidrapulper. En la molienda se usa agua de la fosa de agua limpia.

Los hidrapulper están calculados para contener pasta suficiente para alimentar la máquina -que además de almacenar la pasta homogeniza las cargas de los hidrapulper- durante una hora mas o menos.

De los hidrapulper, la pasta se bombea a los reguladores de consistencia, estos son pequeños tanques divididos en tres compartimentos, la pasta se alimenta al compartimiento central y por uno de los compartimentos laterales se descarga a los refinadores por un orificio con compuerta y el otro compartimiento rebosa el exceso de pasta, que se envía al tanque del hidrapulper. En el compartimiento central gira una hélice de aspas de gran superficie accionada por un motor de 1/4 hp de potencia con base giratoria. Las diferencias de consistencia de la pasta presentan una mayor o menor resistencia al giro de la hélice, obligando a desplazarse a la base del motor, la cual transmite señales por medio de un sistema neumático a una válvula instalada en la línea de agua de dilución que proviene del tanque de agua limpia, afinando así la consistencia al 2.8 % de sólidos.

Los refinadores o jordans reciben la pasta por gravedad directamente de los reguladores de consistencia. Estos refinadores son del tipo cónico, con cuchillas de $\frac{1}{4}$ " de ancho, las cuchillas del rotor son intercambiables y las del estator forman corazas armadas con separadores de madera. Todas las cuchillas son de acero con las aristas de corte templadas. A la descarga de los refinadores se han colocado válvulas para controlar la cantidad de pasta que se pasa a los tanques de pasta refinada. Los tanques de pasta refinada son de la misma forma y capacidad que los tanques de hidrapulpers.

La suspensión de los tanques de pasta refinada se bombea a las cajas de distribución, en donde se selecciona la posición que ocupará la pasta en la máquina. Para facilitar el arrastre en los canales de descarga se agrega en éstos agua proveniente de la bomba del formador.

Esta etapa del proceso se presenta en la figura 2 como batido y refinación sistema II, y en el diagrama 1 se ubica desde la alimentación del hidrapulper hasta la caja de distribución ubicados a la izquierda del diagrama.

b. Relleno.

La diferencia en el sistema de operación de la pasta de relleno se debe principalmente a que, en las materias primas para preparar la pasta, se encuentra gran cantidad de impurezas que afectarían a la calidad del producto si no se eliminaran.

En el hidrapulper se trabaja con un sistema de alimentación continua al 3% de consistencia. El hidrapulper tiene la misma capacidad y diseño que el de pasta limpia, excepto por una caja metálica rectangular de la misma altura que el hidrapulper y que se le ha agregado a éste en su exterior. En la criba de fondo del hidrapulper son detenidas todas aquellas impurezas grandes que no desintegra el rotor, generalmente son lazos, trapo, alambre, madera, etc. Para extraerlos sin interrumpir la alimentación de materiales basta con introducir un atado de alambre, amarrado a uno de sus extremos por un diferencial, la basura grande se enreda en los alambres y se extrae con el diferencial. Las impurezas eliminadas en el hidrapulper se han estimado en un 2% del material alimentado.

La suspensión que pasa a través de la criba entra a la caja lateral que tiene una división longitudinal que alcanza $\frac{2}{3}$ partes de la altura de la caja, la pasta cae sobre la mampara y es diluida con agua del espesador a una consistencia del 1%. La descarga se hace por el fondo de la caja y está conectada a la succión de una bomba.

La suspensión se bombea a una batería de precipitadores centrífugos en donde se eliminan aquellas impurezas que por su tamaño hubieran pasado la separación de la criba del hidrapulper, pero que por ser de mayor peso específico que las fibras de papel pueden ser precipitadas por este método. Las impurezas eliminadas en los precipitadores centrífugos están constituidas principalmente por partículas de vidrio, metal, grapas, piedras, etc. Y se han estimado en un 2% del material alimentado a los hidrapulpers. Este desecho se colecta en unos recipientes colocados en el extremo inferior de los precipitadores y la pasta espesada se descarga al tanque del hidrapulper.

El resto de la operación y equipo en este sistema es el mismo que en el sistema de la pasta limpia. Inclusive, en el regulador de consistencia de la pasta de relleno se emplea agua de la fosa de agua limpia, ya que la concentración de sólidos en ella es menor y se tienen menos dificultades de operación en el sistema automático de regulación.

Esta etapa del proceso se presenta en la figura 2 como batido y refinación sistema III, y en el diagrama 1 se ubica desde la alimentación del hidrapulper hasta la caja de distribución ubicados a la derecha del diagrama.

2. DEPURACION DE LA PASTA

En esta operación se eliminan partículas que por su tamaño pueden afectar la calidad del producto. Los depuradores empleados son del tipo plano, y en resumen operan de la siguiente manera:

La pasta se alimenta a una caja -arenero en donde se mezcla con agua que proviene de la bomba del formador, para facilitar el flujo sobre las placas depuradoras. Estas son placas metálicas con ranuras transversales de 0.027" de ancho por 3" de largo, la placa en sí tienen un ancho de un metro. El fondo del depurador está constituido por diafragmas que tienen un movimiento trepidatorio ocasionado por un sistema de levas. La suspensión con una concentración de sólidos de 1.7 % fluye sobre las placas ranuradas, y debido a la acción de los diafragmas se provoca una operación de limpiezas de las ranuras cuando el diafragma viaja hacia arriba, y se succiona cuando baja. La pasta depurada se acepta en la cámara comprendida entre los diafragmas y las placas ranuradas y se descarga por unos orificios laterales. Las partículas grandes que no pasan a través de las ranuras son arrastradas por el mismo flujo de la suspensión hacia el extremo opuesto de la caja de entrada, y periódicamente se barren por un operador a unos canales que descargan al drenaje. Las partículas eliminadas en los depuradores están constituidas - en el caso de la pasta limpia- por fibras de papel demasiado largas, y en los depuradores de pasta de relleno por pequeñas impurezas que por su peso específico no pudieron ser precipitadas en los precipitadores centrífugos y por fibras de papel.

Las pérdidas en los depuradores se han estimado - en el caso de la pasta limpia- en un 2.5 % de sólidos alimentados al depurador, y en la pasta de relleno en un 5 % , siendo la mitad impurezas y la mitad fibras. A cada formador corresponde un depurador, estos descargan a las cajas de mezcla, estas cajas tiene por objeto controlar la dilución de la pasta para tener una óptima formación en los cilindros formadores, que en nuestro caso es del 0.5%.

En la figura 2 se distinguen como depuración Sistema II/Sistema III según sea el caso; y en el diagrama de operación (Diagrama 1) corresponde a los equipos ubicados desde la caja de distribución hasta las cajas de mezcla que anteceden a los formadores para ambos casos, es decir, la línea de cara limpia y la de relleno.

3. FORMACION Y PRENSADO.

Las cajas de mezcla se descargan por gravedad a las cajas de los formadores. La construcción y funcionamiento de los formadores es la siguiente: La suspensión entra por una tolva que distribuye uniformemente el flujo, descarga a una caja con mamparas que ayudan a uniformizar las corrientes a lo ancho de la caja. Le sigue a la caja de mamparas una caja arenero y finalmente la suspensión entra a la caja del formador en sí. Esta caja es de forma semicilíndrica y las paredes son paralelas a la superficie del cilindro formador, en la parte inferior hay una válvula de compuerta para descargar el contenido de la caja en caso de que la operación así lo requiera. Debido a la imposibilidad de hacer reparaciones durante el funcionamiento de la máquina y al tipo de construcción de las cajas, generalmente se tienen fugas considerables de la suspensión que se alimenta al formador. Estas fugas se han estimado en un 2.5%, la suspensión perdida cae a las fosas de agua de fabricación correspondientes, ya que estas fosas se han situado debajo de la sección formadora y abarcan respectivamente la fosa de agua blanca, la parte inferior de los formadores de relleno y la fosa de agua limpia la parte inferior de los formadores de pasta limpia.

El cilindro formador gira en la caja impulsado por el fieltro inferior, que además de banda motriz tiene la función de banda transportadora de la hoja de papel en la sección formadora y de prensado. Al girar el cilindro formador, que en su superficie tiene una malla de alambre de acero inoxidable, soportada por un esqueleto de varillas de bronce que van unidas al eje del cilindro por brazos del mismo material, retiene en la malla las fibras de papel formando una torta que contiene un 14% de sólidos; el exceso de agua se filtra a través de la malla y es eliminado por unas ranuras que se encuentran en las paredes laterales de la caja del formador. El filtrado contiene un 0.12% de sólidos. La ranura está conectada a una caja que tiene una pared divisoria, uno de los lados de la caja descarga en la succión de la bomba del formador, que envía agua a los canales de descarga de las cajas de distribución para el arrastre de la pasta, a la entrada de los depuradores para facilitar el flujo, y a las cajas de mezcla para lograr la dilución adecuada. El exceso de agua derrama al otro compartimiento de la caja lateral y se descarga a la fosa de agua correspondiente. Sobre el formador descansa una prensa de hule suave que extrae agua de la torta y permite que esta se adhiera al fieltro. La superficie del cilindro, una vez que la torta se ha adherido al fieltro, se limpia por una regadera de alta presión antes de que sumerja en la suspensión de fibras. En estas regaderas se utiliza agua fresca que se toma del depósito de abastecimiento de agua a la fábrica.

El fieltro levanta en su viaje las capas de papel que se han formado en cada uno de los cilindros, formando así la hoja. Normalmente se trabajan cinco formadores con pasta de relleno y dos con pasta limpia, ocupando éstas las dos últimas capas.

Desde que se prepara la pasta en los hidrapulpers hasta las cajas de mezcla, se diluye la suspensión para lograr diferentes objetivos (desfibrar, limpiar, fluidizar, etc.). De los formadores en adelante se sigue un proceso inverso, es decir, se extrae agua hasta lograr en el producto terminado el contenido de humedad que se desea. La extracción debe ser paulatina, pues de otra manera se afectaría la formación y calidad de la hoja. Al abandonar la hoja el último formador pasa todavía adherida al fieltro, al cilindro extractor. Este es un cilindro hueco forrado con una malla metálica, más abierta que la de los formadores y que gira debido al impulso que le imprime el fieltro. Sobre el fieltro descansa una prensa de hule suave, y que debido a la presión que ejerce se extrae parte del contenido de agua de la hoja. Al salir del cilindro extractor el contenido de humedad es del 81%. La superficie del cilindro extractor se limpia por una regadera de alta presión. Tanto el agua extraída como el agua de la regadera caen en la fosa de agua limpia.

La siguiente extracción de agua se verifica en la caja de vacío. Esta es una caja rectangular, angosta, de un largo igual al ancho de la máquina, ranurada en la superficie que tiene contacto con el fieltro que lleva consigo a la hoja de papel. Uno de sus extremos está conectado a una bomba de vacío, y se logra concentrar la hoja hasta un contenido de humedad de 75%. El agua extraída se descarga al drenaje. Antes de entrar la hoja a las prensas, se cubre con otro fieltro para evitar que tenga contacto directo con los rodillos y se adhiera a ellos.

El prensado se efectúa con diez rodillos prensa, cinco inferiores y cinco superiores. Cuatro pares son movidos por el fieltro, y el quinto y último es el que imprime movimiento a los fieltros, que a su vez lo transmiten a toda la máquina. Estos rodillos están recubiertos con hule de durezas superior a los de los formadores y del cilindro extractor, con alma de fierro. Los fieltros, que cubren por las dos caras la hoja de papel, pasan sucesivamente a través de las prensas, sufriendo una extracción de agua paulatina. Además del peso de la prensa superior, se agregan pesos para aumentar la efectividad del exprimido. Después de la prensa principal o motriz, se separa la hoja de los fieltros, con un contenido de humedad del 68% con suficiente resistencia como para terminar el proceso sin auxilio. El agua exprimida cae a la fosa de agua blanca. Los dos fieltros se limpian con regaderas de alta

presión, y debido a la posición que ocupan estas, el agua de lavado del fieltro superior cae a la fosa de agua limpia y la del fieltro inferior a la fosa de agua blanca. Ambos fieltros son de lana, sin fin, con costura invisible y su elaboración es altamente especializada debido a los requisitos de resistencia y tersura en el acabado que son indispensables para lograr una vida útil económica y un acabado del papel sin marca de tejido. Tanto el agua extraída durante el prensado en el rodillo extractor y en las prensas, como en la caja de vacío, contiene un cierto porcentaje de fibras de papel. A la fosa de agua limpia se ha enviado el agua de las regaderas del fieltro superior, el derrame de los formadores de cara limpia, el agua de la regadera y la exprimida en el rodillo extractor y de esta fosa se ha tomado agua para el desfibrado en el hidrapulper de pasta limpia y para la dilución en los reguladores de consistencia. El agua sobrante se derrama al drenaje. A la fosa de agua blanca se ha enviado agua de las regaderas del fieltro inferior, el agua exprimida en las prensas, el derrame de los formadores de relleno, y además el agua de las mangueras de lavado y el agua de enfriamiento de chumaceras. Se ha tomado agua de esta fosa para el desfibrado en el hidrapulper de la pasta de relleno. El agua sobrante derrama al drenaje. En el diagrama de operación (diagrama 1) se muestran por separado los formadores de relleno y los formadores de cara limpia, al igual que en la figura 2, el caso de la operación de prensado corresponde del rodillo extractor hasta las prensas.

4. SECADO

La hoja entra a los secadores después del prensado en la máquina. Estos son cilindros huecos de un metro de diámetro por tres y medio de largo, calentados a vapor. Los secadores son 49 en total, y forman dos secciones que trabajan a diferentes presiones. La primera sección, de 15 secadores trabaja a 2 Kg/cm^2 , la segunda sección de 34 secadores, trabaja a 3 Kg/cm^2 de presión. Los secadores en unos de sus extremos, están engranados de tal manera que su velocidad sea la misma en cada una de las secciones, y entre secciones se puede regular la velocidad con poleas cónicas. Al salir la hoja del último secador, su humedad es de 3%. (Ver figura 2 y diagrama 1, se representan como secadores)

5. ACABADO

La hoja es recibida a la salida de los secadores en una calandria de 7 rodillos. Todos los rodillos son de acero, niquelados. La hoja de papel entra a la calandria por el rodillo superior, y se pasa a uno y otro lado, hasta que sale entre los dos primeros rodillos. A cada lado de la calandria se han colocado unas cajas que se apoyan en uno de los rodillos, en el lado que no cubre el papel, en esta posición el rodillo gira hacia arriba y levanta el agua que se alimenta a la caja impregnando la superficie de la hoja. A esta calandria le sigue otra, con las mismas características, excepto que tiene dos rodillos huecos a donde se inyecta vapor para eliminar el exceso de agua que arrastra la hoja; al salir de esta segunda calandria, la hoja se enreda en uno de los dos carretes que se han dispuesto para este objeto. Al completarse uno de los carretes se pasa la hoja al otro, y el que ya ha enredado la cantidad de papel deseada, se transporta el reembobinador, en donde se cortan rollos a la medida especificada en la orden de fabricación. El carrete vacío se regresa a su soporte original y se dispone a recibir nuevamente la hoja de papel. Desde la sección de formación y prensado hasta los carretes, el movimiento lo imprime una turbina de vapor conectada a una transmisión general con poleas cónicas entre secciones para efectuar ajustes entre ellas. (Ver figura 2 y diagrama 1)

En el área del papel y la celulosa, los análisis que se le efectúan al producto celulósico son considerados análisis químicos y son:

- a) Prueba de lignina residual
- b) Prueba de holocelulosa
- c) Prueba de alfacelulosa
- d) Prueba de Pentosanos
- e) Prueba de cenizas
- f) Prueba del número de permanganato.

En el siguiente grupo se tienen las pruebas físicas que se deben realizar en el laboratorio central, utilizando aparatos de precisión:

- a) Doblez
- b) Mullen
- c) Tensión
- d) Rasgado
- e) Flat crush

Existen otro grupo de pruebas físicas que no dependen de la refinación y son:

- a) Peso base
- b) Calibre
- c) Inmersión
- d) Humedad
- e) Porosidad
- f) Prueba de Cobb
- g) Consistencia
- h) pH

Es aquí donde el control de calidad surge para solucionar conjuntamente los problemas con los demás departamentos adjuntos a la producción rutinaria en la máquina, coordinando y evitando la ineficiencia que afecta la calidad del producto. En la actualidad muchas industrias de esta rama cuentan con sistemas de equipo electrónico y técnicas científicas, controles automáticos y estadísticas de fabricación de las que se han obtenido resultados positivos, aunados a estos procedimientos, se encuentran las gráficas representativas del proceso, las cuales ayudan a calificar el fenómeno y a predecir ciertas irregularidades en el proceso de producción, elaborándose reportes en hojas codificadas con los datos obtenidos.

En caso de ser necesario un mayor conocimiento de las pruebas de calidad antes mencionadas para cualquier etapa del proceso, se recomienda el consultar bibliografía especializada en este tema, tal como la normatividad TAPPI en el apartado necesario.

2.2.2. FABRICACION DE CARTON CORRUGADO

El Empaque de cartón corrugado tiene varias cualidades ya que es resistente, liviano, atractivo y económico. Una hoja de cartón corrugado por lo general está constituida por tres papeles que se asemejan a un sándwich o emparedado.

Estos papeles son:

- a) El papel que va a ser la capa exterior de la caja.
- b) El papel que va servir de cara interior de la caja, y
- c) Un papel ondulado o rígido que se ubica en medio del exterior y el interior.

El papel rígido o corrugado va unido al papel cara exterior y al papel cara interior por medio de pegamento o almidón. Este pegamento lo lleva el papel corrugado, únicamente en la punta o cresta de los valles.

La fabricación de un empaque de cartón se puede dividir en tres etapas que son:

- a) La fabricación del pliego,
- b) La impresión y
- c) El acabado.

La fabricación del pliego se efectúa en la corrugadora que es la máquina más importante de las fábricas de empaques corrugados. Una máquina corrugadora se puede dividir en cuatro partes:

- a) La sección de corrugado
- b) El doble engomador
- c) La sección de planchas y bandas y
- d) La sección de corte y recepción.

En el proceso primero se pasa el papel médium entre dos rodillos dentados para que se formen las corrugaciones, inmediatamente se pone en contacto con el papel cara interior, y de esta manera queda fabricado el cartón de una cara. Inmediatamente se pone en contacto con las planchas secadoras para que el pegamento seque y pegue adecuadamente quedando los papeles muy bien adheridos y dando por resultado el cartón corrugado. Los rodillos corrugadores al girar ejercen presión en el punto de contacto y en su interior tienen vapor a presión.

Al pasar el papel médium entre los rodillos corrugadores adquiere la forma, tamaño y profundidad de los dientes de los rodillos, quedando en esta forma el papel médium corrugado, para mantener el papel médium adherido al rodillo corrugado se emplean unas pequeñas láminas llamadas guías o dedos. Es así donde se aplica la cantidad necesaria de pegamento, por medio de un rodillo que lo deposita sobre las crestas de las corrugas. Antes de que abandone el papel médium al rodillo corrugador, se le une papel liner cara interior, que se oprime contra el rodillo corrugador por medio de otro rodillo, llamado rodillo de presión. Este rodillo también tiene en el interior vapor y es con el fin de calentar al papel interior para ayudar a que la adhesividad se realice y se efectúe el pegado. Finalmente, la tira de cartón corrugado abandona la sección de corte, donde es marcada y cortado el cartón longitudinalmente por medio de unas cuchillas y marcadores circulares y luego cortada

transversalmente por medio de una guillotina. Las hojas de cartón llegan a las mesas de recepción donde se estiban en tarimas. Después los pliegos de cartón corrugado pasarán a las máquinas impresoras donde se les imprimirá la leyenda autorizada por el departamento de ventas. La impresión se efectúa sobre la superficie del papel cara exterior de la caja de cartón.

El pliego recibe la tinta del dado o cliché que está montado sobre un rodillo. En cada vuelta que da este rodillo pasa un pliego de cartón que se pone en contacto con el dado. El dado o cliché recibe la tinta de un juego de rodillos entintados y estos a su vez la toman de la fuente de la máquina. Las tintas más usuales son las tintas a base de glicol y las tintas flexográficas. En la máquina impresora el pliego ya impreso pasa por un juego de rodillos o flechas que tienen montados unos cuellos marcadores que oprimen el pliego en una línea longitudinal en sentido de la máquina. Estos ligeros aplastamientos sirven para domar el pliego y que se doble con facilidad en esta línea, la cual servirá para definir las aristas de las futuras cajas.

Enseguida pasa por unos cuellos rasurados haciendo a base de cortes las tapas de la caja y exactamente donde estaba la continuación de la línea de marcado. Además del marcado, se le define en un extremo del pliego un aletón o pestaña que la unión donde se aplicará la goma o se pondrán las grapas para formar las cajas. Los pliegos ya pegados o engrapados son amarrados o flejados en bultos de acuerdo a lo indicado en la orden de trabajo, esto con el fin de facilitar el manejo en los almacenes. Las máquinas impresoras que utilizan tintas flexográficas tiene un secado instantáneo, con el cual se logra que el pliego antes de salir de la máquina sea doblado, pegado, cortado y se puedan formar bultos ya amarrados y flejados automáticamente, listos para ser enviados al cliente. De esta forma queda una cada semiarmada, doblada y lista para su transporte.

La calidad del papel es muy importante, ya que con un papel de buena calidad, se produce una caja de cartón corrugado con mayor resistencia a la estiba o compresión, además de que la máquina puede aumentar su velocidad sin problema alguno. Las características mas importantes del papel utilizado para la fabricación de cajas corrugadas debe cumplir con las siguientes características:

- a) Alta rigidez o concora
- b) Calibre uniforme y
- c) Humedad constante de 6 a 7.5 %

Al papel que posee una buena rigidez o concora produce un cartón corrugado que resiste una mayor presión a las flautas o corrugas, antes de que se deformen o aplasten; al tener un papel rígido con un calibre uniforme se tiene como consecuencia un peso base constante y además la máquina corrugadora no presentará problemas de proceso en la calibración de pegamento de los rodillos y guías. Es importante hacer notar que existen otras características tales como el rasgado o la tensión del papel, ya que estas forman parte de las especificaciones dentro del control de calidad y que si no se cumplen podrían llegar a causar reventones del papel ya en la etapa de corrugado. De las características físico mecánicas de los papeles kraft cara exterior e interior dependerá la calidad y tipo de cartón que se desea. La impermeabilidad, constituye también una característica importante en los papeles, ya que de ella dependerá el uso que se le vaya a dar a la caja, de acuerdo a la humedad relativa que llegue a soportar, de ahí se derivan las pruebas de flat crush y compresión a la estiba - FLAT CRUSH: Es la prueba de resistencia al aplastamiento de una lámina de corrugado. COMPRESION A LA ESTIBA: Esta prueba se realiza cuando la caja está terminada y muestra de manera gráfica el comportamiento de la caja hasta que la caja deflexione y quiebre para medir su resistencia-, mismas que deben llevarse a cabo en los empaques ya terminados.

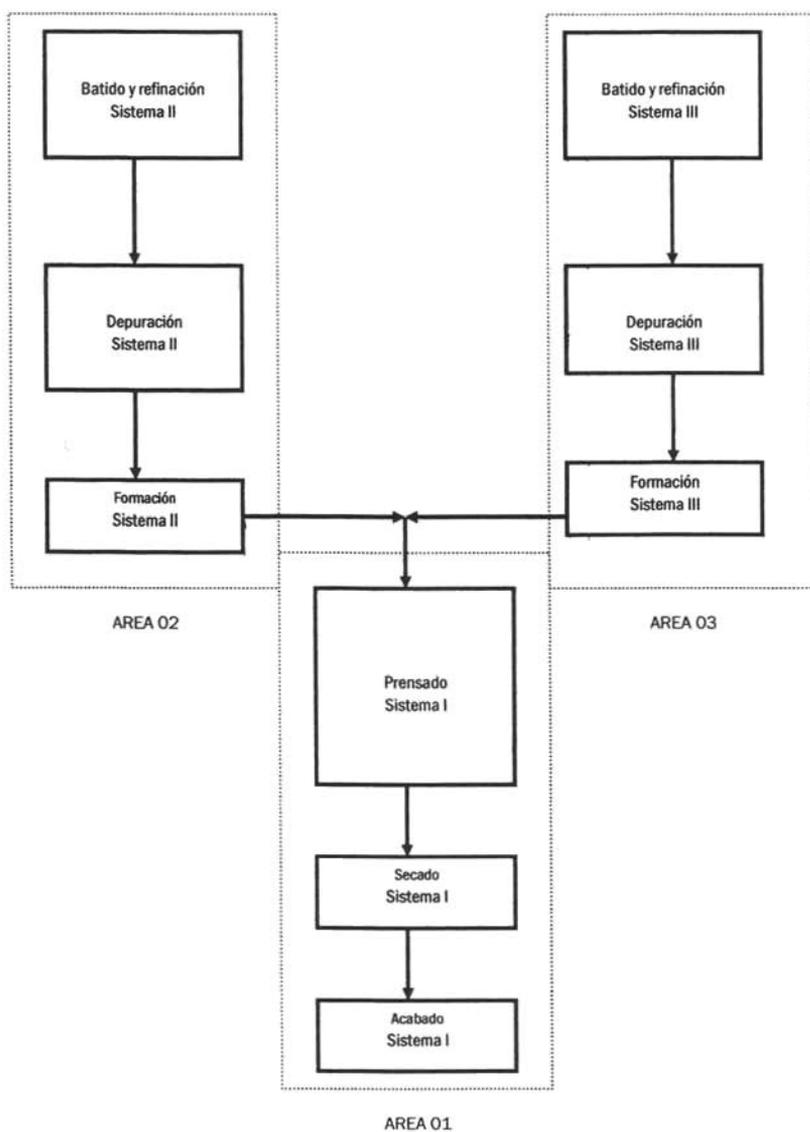


Figura 2. Representación de las principales operaciones que se realizan en la elaboración del papel kraft.

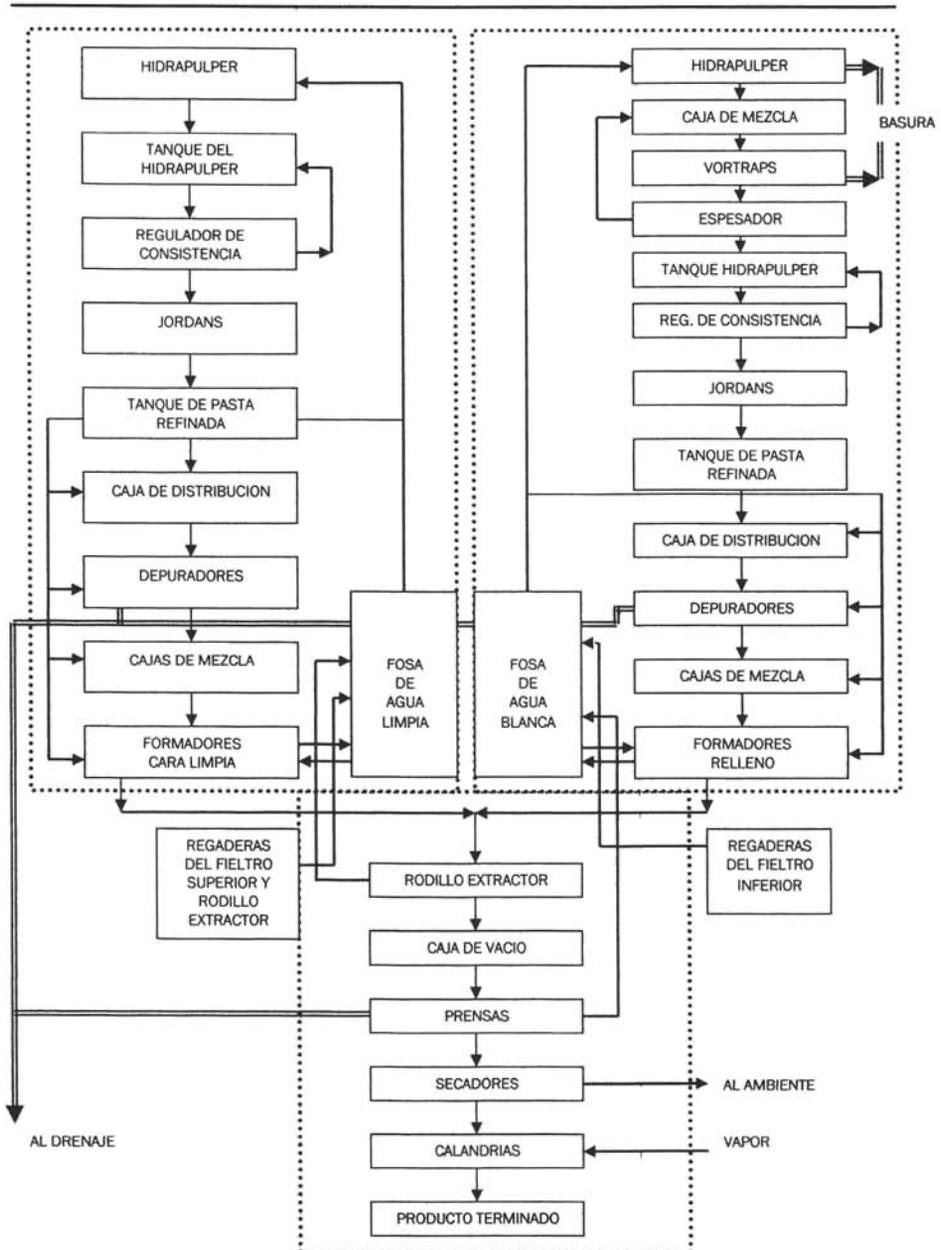


DIAGRAMA 1. Diagrama de operación de la planta productora de papel.

2.2.3 LISTA DE EQUIPO

Los equipos que se enlistan a continuación son para ambas líneas

- Molino (1)
- Hidrapulper (2)
- Tanque de hidrapulper (2)
- Regulador de consistencia (2)
- Jordans (2)
- Tanque de pasta refinada (2)
- Caja de distribución (2)
- Depurador (2)
- Caja de mezcla (2)
- Deckers (Espesador) (2)
- Formador cara limpia (1)
- Formador sistema de relleno (1)
- Sistema de regaderas filtro superior (1)
- Sistema de regaderas rodillo extractor (1)
- Sistema de regaderas filtro inferior (1)
- Rodillo extractor (1)
- Caja de vacío (1)
- Sistema de prensas (1)
- Sistema de secadores (1)
- Sistema de calandriado (1)

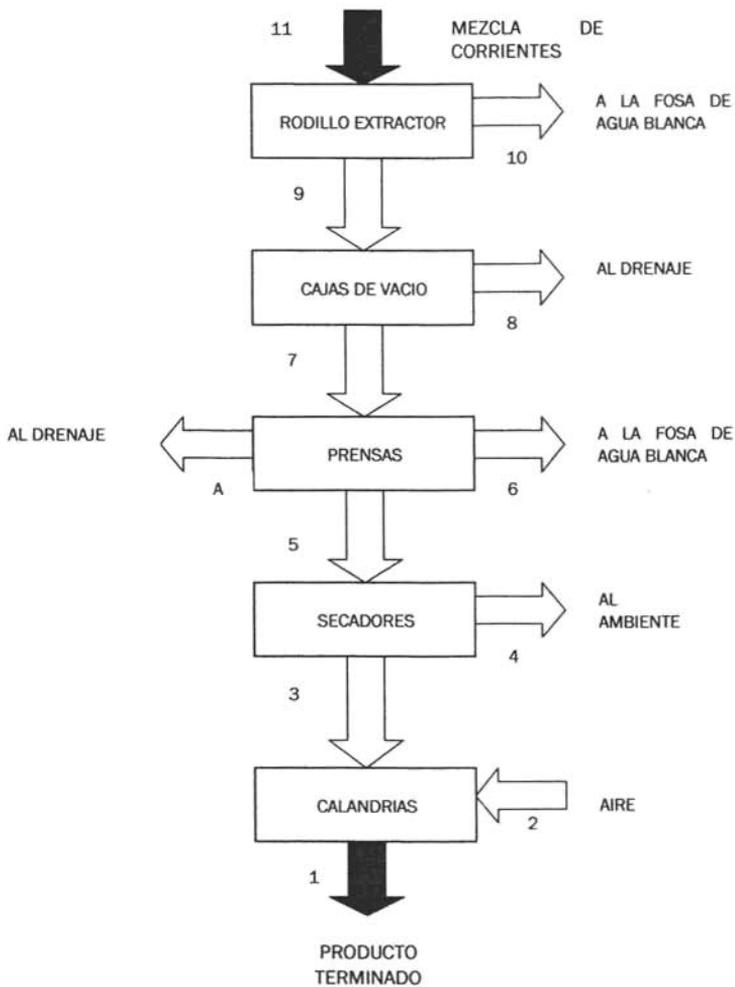


DIAGRAMA 2. Diagrama del sistema I de la planta productora de papel.

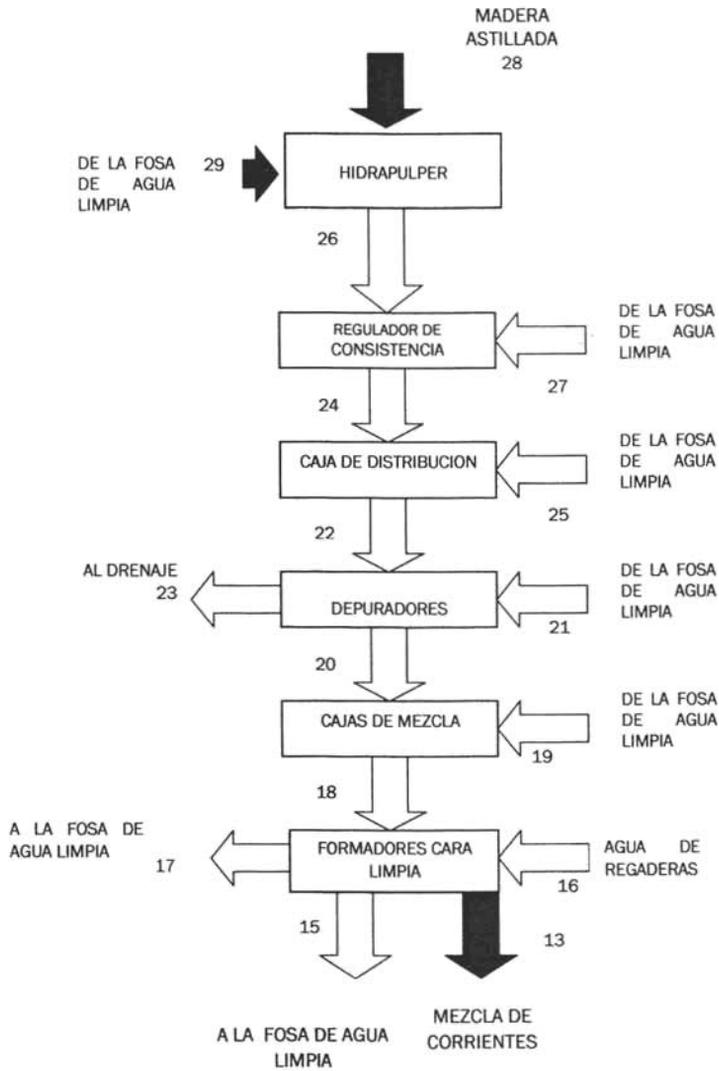


DIAGRAMA 3. Diagrama del sistema II de la planta productora de papel.

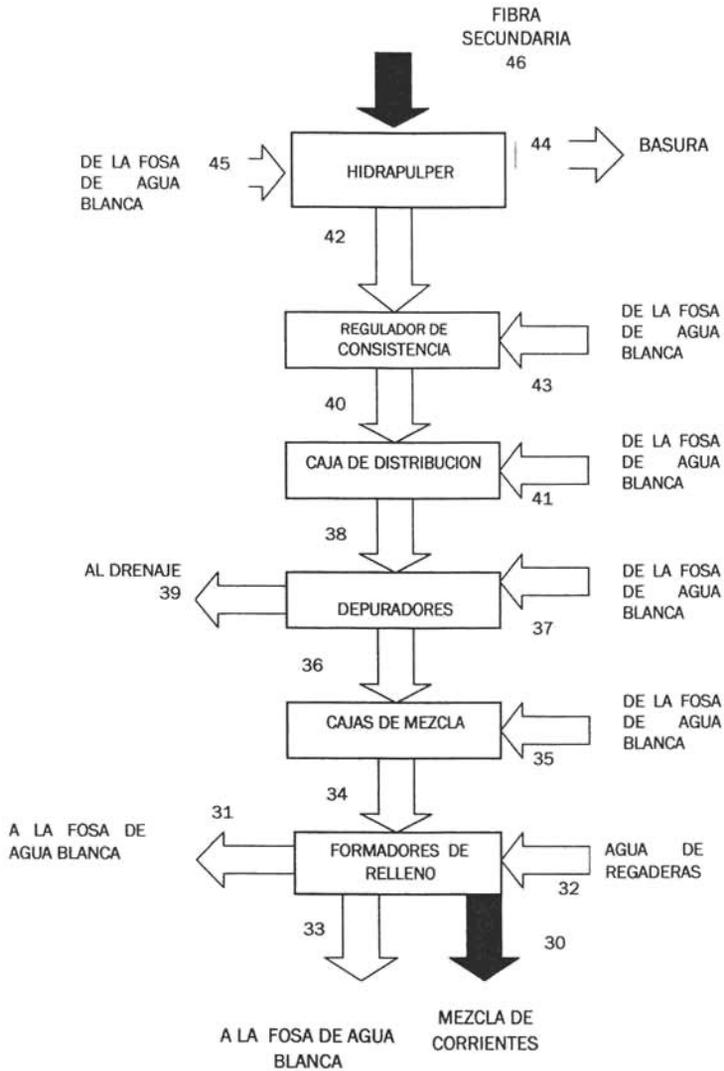


DIAGRAMA 4. Diagrama del sistema III de la planta productora de papel.

2.2.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

MOLINOS

Las partes principales son:

- a. Carcaza con su batea: Es la estructura del molino en la cual están los demás elementos.
- b. Anillos: Este es de forma cilíndrica y dentado, el cual gira lentamente y en la misma dirección que la piedra, sus dimensiones son aproximadamente 1.36 mts de longitud y 2.5 mts de diámetro, además tiene perforaciones de 8 cm de diámetro en toda la superficie lateral y exteriormente lleva un engrane central por medio del cual es rotado empleando un motor de velocidad variable con potencia de 7.5 Hp y 1750 r.p.m. adaptado a un sistema de engranes reductores de velocidad.
- c. Piedra: Sus dimensiones son Largo 36 mts y 1.51 mts de diámetro, se encuentra montada en el interior del anillo, excéntricamente respecto al centro de éste. Es de constitución artificial de abrasivos sintéticos y formada por segmentos hexagonales los cuales están armados sobre un centro hueco de concreto y va montada en un eje de acero el cual es accionado por un motor sincrónico de 3000 Hp
- d. Torno afilador: Este se encuentra también en el interior del anillo y en un plano superior e izquierdo de la piedra, consta de:
 1. Tornillo sin fin
 2. Una corredera
 3. Brazo de fierro
 4. Afilador

El torno es operado eléctricamente, en el tornillo sin fin va colocada la corredera, en ella el brazo y en este el afilador que se ha de usar; por medio de un mecanismo especial el brazo con el afilador puede bajarse todo lo que sea necesario hasta hacer contacto con la superficie de la piedra y por medio del tornillo sin fin deslizarse hacia cualquier extremo de ella.

e. Regaderas: Estas al igual que la piedra y el torno afilador se encuentran localizadas en el interior del anillo, siendo en total 3 por cada molino, clasificadas en la siguiente forma:

1. Manual
2. Automática
3. De baffles

La función de las regaderas es depositar continuamente sobre las piedras el agua blanca o tratada, a una presión determinada de acuerdo con las necesidades del proceso y temperatura de 50 grados centígrados, con el fin principal de lavarlas, enfriarlas, formar la mezcla o pasta de la madera y al mismo tiempo arrastrar ésta a través de las perforaciones que tiene el anillo en su superficie lateral.

f. Escapes de vapor: Cada molino tiene en la parte superior derecha un tubo de 10 a 12 pulgadas de diámetro a través del cual es extraído el vapor y así se evita el calentamiento excesivo en el interior de él.

g. Cámara o prensa: Es el espacio comprendido entre el anillo y la piedra, el cual es ocupado por las rajadas o trozas que son introducidas manualmente y en forma continua para alimentación del molino.

DEPURADORES

Estos constan principalmente de:

- Carcaza: La cual cubre al depurador propiamente dicho y tiene una salida o descarga al frente, que es por donde sale el aceptado de la pasta y cae al canal de aceptados.
- La malla con forma cilíndrica dividida en tres segmentos o platos, tiene 2 entradas y una descarga (la de los rechazos) estas se encuentran en cada extremo y corresponden una a la carga o alimentación y la otra es por donde entra el agua de las regaderas que es al mismo tiempo por el eje de las aspas, dicha agua es químicamente tratada.
- Un eje concéntrico en cual van colocadas las aspas en forma longitudinal y 2 baffles perpendiculares a él, además es hueco hasta la mitad de su longitud, por dicho espacio penetra el agua de las regaderas, la cual se utiliza para lavar y principalmente en la dilución de la pasta cuya consistencia de entrada es de 1-1.5%.

Al ser alimentados dichos depuradores, algunas de las fibras penetran y atraviesan inmediatamente las mallas (1/16" de diámetro) por la parte de superficie de éstas que queda hacia abajo, esto es debido a la acción de la fuerza centrífuga, el resto de la pasta es empujada por la presión del mismo flujo hacia el extremo opuesto que es donde se encuentra la descarga de los rechazos. La pasta es retenida por los baffles, dando así tiempo a la fibra buena a que vaya penetrando y atravesando la malla, más adelante el resto de la pasta es diluida por el agua de las regaderas y toda la alimentación es recirculada por las aspas que se encuentran en el eje rotor, esta acción conjunta aumenta el volumen de la mezcla (pasta-agua) y también incrementa la presión centrífuga sobre las porciones de áreas restantes de malla (platos), aumentando así en forma considerable la cantidad del aceptado que pasa a través de ellas.

El agua de dilución de las regaderas además de aumentar el volumen de la mezcla de pasta y de diluirla separa mucha fibra delgada la cual puede atravesar la malla, aumentando así el aceptado de dichos depuradores. La cantidad de agua de dilución normalmente varía de 10 a 30% del volumen total de descarga. La acción centrífuga del rotor provocada por medio de las regaderas, la presión nos indica únicamente una relación del volumen y ésta excede raras veces de 5 Psi o baja de 1 - 2 Psi.

DECKERS (espesadores)

Tienen forma cilíndrica, de fierro y con perforaciones en toda su superficie lateral, huecos y de velocidad variable. Sus medidas son:

Largo: 3.5 metros

Diámetro: 1.25 metros

Estos espesadores están forrados por 2 mallas, siendo la exterior más cerrada (40 - 60) que la intermedia (14). Arriba de dichos cilindros y colocados paralelamente a ellos se encuentra un rodillo de hule cuyo diámetro es 0.45 metros y el largo de 3.5 metros, los centros de giro de éstos rodillos son excéntricos uno con respecto al otro.

El rodillo o tambor de fierro con sus mallas se encuentra sumergido horizontalmente en una batea, la cual es llenada hasta cierto límite (3/4) con pasta del aceptado de los depuradores. La rotación del tambor hace girar en sentido contrario y a mayor velocidad (debido al menor diámetro) al rodillo de hule, esto es siempre y cuando exista pasta entre ambos, de lo contrario éste rodillo no girará debido a que no está completamente pegado al tambor. Hay una diferencia de presiones entre el interior y el exterior del tambor causada por el giro de éste y

debido a ello se le adhiere la pasta en la malla que lo cubre, dicha pasta va perdiendo agua por la acción de la gravedad, más adelante es prensada o exprimida por el rodillo del hule, el agua extraída de esta pasta es nuevamente enviada al sistema. La pasta ya espesada que queda adherida al rodillo de hule es desprendida de éste por unas cuchillas cayendo a continuación a un canal por medio del cual pasa al tanque Decker (tanque para pasta espesada).

SISTEMA DE REGISTRO Y CONTROL DE CONSISTENCIA

El control de consistencia es una de las cosas del proceso en la fabricación del papel periódico que exige atención especial puesto que de ello depende en gran parte la buena formación y calidad del papel. Existen diferentes tipos de controladores tales como:

- a) Desurik
- b) Bristol
- c) Fischer and porter

Todos ellos basados en el mismo principio que ofrece la densidad de pasta que se trata de controlar. Por mayor simplicidad de instalación, mantenimiento, adquisición, exactitud y manejo que ofrecen los sistemas de control de consistencia se han elegido los Fischer and Porter para ser utilizados en el proceso y se describirá a continuación.

El regulador Fischer and Porter modelo 16C2381A regula continua y automáticamente la consistencia de la pasta en un rango de 2 a 8 % con sensibilidad de 0.1 %. El flotador permite una amplia variación en la proporción del flujo, temperatura y freeness sin afectar significativamente el funcionamiento del regulador. El cuerpo del transmisor completamente cerrado permite altas presiones en la línea de operación. La siguiente tabla relaciona el tamaño del regulador y la proporción del flujo que se tendrá en la línea de operación.

El cuerpo del transmisor de consistencia es una "T" instalada en la línea de pasta, montado en su tapa está un transmisor neumático de fuerza. El flotador contenido dentro del cuerpo del transmisor "T" proporciona la señal de entrada al transmisor de fuerza, un registrador-controlador Fischer and Porter recibe la señal de salida del transmisor. La señal de salida del controlador actúa para posesionar una válvula de control de agua de dilución para regular la pasta a una consistencia deseada.

HYDRAPULPER (BATIDOR)

TIPO O MODELO: Hidrapulper continuo

r.p.m.: 195

DIÁMETRO: 12 ft

VOLUMEN: 23 000 litros

CAPACIDAD: 13 ton

El batidor generalmente se encuentra situado en la parte inferior del área donde sale el papel ya terminado. Para su desintegración y formar la pasta, se utiliza además agua blanca en la cual va cayendo todo el desperdicio de la hoja; el tiempo de batido que se le da es de acuerdo a la carga adicionada, ya que la descarga se efectúa automáticamente. Una vez formada la pasta (agua-papel) se envía al *Couch Pit* (hoyito de depósito de la fosa de la máquina) el cual tiene su agitador. El couch pit se encuentra situado debajo del rodillo couch en el cual termina

y retorna la tela metálica, debido a la situación que tiene el mencionado couch pit en él cae toda la pasta cuando revienta el papel y constantemente está recibiendo parte de ella debido a que al estar formando la hoja es separada dicha cantidad. A esta pasta se le da un tiempo de agitación para obtener una consistencia más uniforme, después de tenerla en esas condiciones se bombea a la alimentación del espesador (Broke Decker) ahí se le extrae agua, dejándola con 2.5 a 4%. Este tanque tiene su agitador para mantener en constante movimiento a dicha pasta, la que más tarde es enviada al tanque mezclador (Jordan Chest) haciéndola pasar antes de llegar a él por un refinador de consistencia la que disminuye hasta 1.5 - 2%. En el tanque Jordan se mezclan todas las pastas ya procesadas y de aquí se alimenta al tanque de la máquina (Machine Chest) el que también tiene un agitador, antes de que llegue la pasta a dicho tanque se le refina.

Del tanque de máquina se envía la pasta a una caja elevada (stuff box), esta no tiene agitador y está dividida en tres secciones, su fin principal es mantener una cabeza o presión constante a través del flujo de la pasta que se manda a otro tanque (tanque del Fan Pump). Esta presión se logra debido a la altura que tiene dicha caja sobre el piso y al nivel constante en ella, el cual es mantenido por el retorno de cierta cantidad de pasta al mismo tanque de la máquina efectuado por medio de una de las secciones de esta caja, por otra de las secciones (la intermedia) de las restantes se le alimenta y por la tercera se envía la pasta a la succión a la bomba de abanico (Fan pump), por medio de dicha bomba se manda la pasta ya diluida (0.65 a 0.7 %) a un sistema de depurado, compuesto por: depuradores centrífugos o ciclones, desareador, seleccionadores cilíndricos (selectifier screens), con el objeto de eliminarle la arenilla y el aire que pueda llevar, así como otras impurezas, evitando el apelmamiento de fibras o cualquier otro material extraño que se hubiere introducido durante el proceso de elaboración. La pasta que cubre todos los requisitos de aceptación para hacerla papel se debe llevar a una consistencia aproximada de 0.65 a 0.7%, enviándola después al cabezal de alimentación de la caja de flujo (stock inlet), la cual alimenta la máquina de papel depositando a todo lo ancho de la tela metálica (malla) y uniformemente dicha pasta.

MAQUINA DE PAPEL

FORMACIÓN DE LA HOJA DE PAPEL

La hoja de papel para su formación emplea una mezcla de fibra y agua, estas difieren entre sí según el tipo de papel por producir. Las fibras pueden ser vegetales mezcladas con otras tales como: fibra de vidrio, lana y fibras sintéticas.

El proceso de formación es el siguiente:

La manufactura del papel sin importar el tipo de máquina es siempre basada en el mismo principio: una mezcla de fibra y agua es llevada sobre una tela metálica (malla) drenadora, la cual drena la mayor parte del agua dejando una humedad remanente, dicha humedad es sustraída por vacío y prensado, el resto es evaporado por medio de cilindros calientes, dándoseles un acabado de planchado y satinado a través de una serie de cilindros pesados, colocados uno arriba del otro en un plano vertical.

El peso de fibra seca contenido en un volumen dado de pasta es llamado "consistencia" y se expresa en %, el control de ésta es uno de los principales requisitos para la formación de la hoja de papel. Existen varios tipos de controladores automáticos de consistencia los cuales agregan agua de dilución al flujo de pasta, entre ellos tenemos:

- a) El trimbey
- b) El zurick

- c) El bird

DESCRIPCIÓN GENERAL DE UNA MÁQUINA DE PAPEL

Para describir la máquina de papel la dividiremos en 2 partes:

1. Sección Húmeda
2. Sección seca

Toda máquina de papel, no importa el tipo que sea, consta de las siguientes partes principales:

SECCION HUMEDA

- a) Una bomba mezcladora (Fan pump)
- b) Una caja de flujo
- c) Tela metálica (malla drenadora)
- d) Rodillo de pecho (breast roll)
- e) Fourdrinier
 1. Mesa de formación (Forming board)
 2. Mesa de rodillos
- f) Caja de succión
- g) Rodillo couch
- h) Rodillos presionadores, impulsores de la tela, de retorno, tensores, reguladores, etc.
- i) Charolas
- j) Couch pit (Fosa del couch)
- k) Fosa de la máquina
- l) Prensas con sus fieltros

SECCION SECA

- m) Secadores
- n) Lonas
- o) Cables guías
- p) Campana (con sus ventiladores de succión)
- q) Calandria

BOMBA MEZCLADORA (Fan pump)

Tiene por finalidad mezclar pasta con agua blanca para diluirla apropiadamente y después enviarla al sistema final de depurado y a continuación alimentar la caja de flujo a través de su cabezal. Las bombas normalmente son de una simple succión y en algunos casos de doble

succión con impelente de bronce y bomba centrífuga con una capacidad aproximada de 3000 galones/minuto, de 1200 r.p.m. como máximo, dándose una consistencia aproximada de 0.65 a 0.7%.

CAJA DE FLUJO

La función principal de la caja de flujo es tomar la pasta de la descarga del aceptado de los refinadores y esparcirla uniformemente sobre todo lo ancho de la tela mecánica, a una consistencia uniforme con el mínimo de turbulencia, dándole una buena dispersión y sin floculación.

Hay diferentes tipos de cajas de flujo:

1. Abiertas
2. Cerradas

Las cajas de flujo más usuales son las de tipo cerradas o presurizadas, estas tienen en su interior 5 rodillos perforados de los cuales uno es el rodillo igualador y los cuatro restantes son los Distribuidores, están colocados de par en par (uno arriba del otro y excéntricamente en planos diferentes) girando entre sí en sentido contrario para evitar la turbulencia en la pasta, el material de estos rodillos es bronce o acero inoxidable, además, interiormente tiene una regadera con espreas a todo lo largo de la caja, la cual trabaja empleando agua caliente y a una presión de 1 Kg, se usa con el fin de mantener un lavado constante de las paredes internas de dicha caja de flujo (cuyo material es acero inoxidable). El nivel de la pasta dentro de la caja de flujo no es total, por lo tanto queda un espacio el cual es ocupado por el aire que se le suministra dicha cámara de aire produce una presión constante y un flujo también constante. El flujo de pasta obtenido es directamente proporcional a la velocidad de la tela o sea que se regula de acuerdo a la velocidad de la máquina, aumentándolo o disminuyéndolo.

TELA METÁLICA (malla drenadora)

La tela mecánica es una malla colocada sobre las mesas de rodillos y la de formación, rodillo de pecho, cajas de succión (6), rodillo couch e impulsor. Esta tela es una banda sin fin en la que se deposita a todo su ancho la pasta en forma de película, a través de ella se drena parte del agua de dicha pasta formando así la hoja de papel, es recirculada y tensada a la vez por rodillos accionados por una turbina de vapor y gatos hidráulicos.

Las características generales de las telas son:

Malla metálica, que puede ser de 26 m.k.s./65 sistema inglés, donde el 26 indica el número de hilos por centímetro cúbico, y el 65 indica el número de hilos por pulgada cuadrada. Otra malla puede ser la 68/54.

Superficie 32.28 mts de largo por 4.75 mts de ancho

RODILLO DE PECHO (breast roll)

El rodillo de pecho actúa como un punto de retorno para la tela metálica, su diámetro es relativamente grande y soporta una carga creada por dicha tela, siendo su superficie completamente pulida para no ocasionar desperfectos sobre esta. Este rodillo está localizado en relación al Labic de la cortina y colocado en tal forma que queda tangencial a la alimentación de la pasta depositada en la tela a través de la caja de flujo. El largo del rodillo de

pecho es mayor al ancho de la tela para que así sobresalga y en esa forma proteja los bordes o filos de ella, tiene una cuchilla para evitar que la pasta se le pegue y al girar la arrastre quedando entre él y la tela, lo cual ocasionaría arrugas a dicha tela. Por medio de esta cuchilla se mantiene constantemente limpia la superficie lateral y total del rodillo de pecho. El material de que está hecho generalmente es de bronce y tiene forma tubular.

Las características del rodillo de pecho son:

Diámetro: 28 pulgadas

Largo: 189 plg

Material: Bronce centrifugado 0.696 plg de espesor

Mecanismo: Consta de un pistón hidráulico cuyo diámetro es de 89 plg y su carrera de 16 pulgadas.

FOURDRUINIER

1. Mesa de formación (Forming board)

Está localizada entre el rodillo de pecho y el primer rodillo de la mesa de rodillos, tiene como finalidad retrasar el drenado el tiempo suficiente para esparcir la pasta sobre la tela con la mínima variación en el calibre (grueso o espesor) del papel sobre lo ancho producido.

El drenado debe ser uniforme y moderado, un excesivo drenado en cualquier lugar sobre la hoja la deforma causando una pérdida de resistencia en dicha área.

La mesa de formación soporta la tela y previene que se combe o flexione hacia abajo, debe de estar a nivel de dicha tela previniendo deflexiones en la pasta y eliminando puntos fijos de la hoja. Normalmente las mesas de formación tienen una cubierta construida de baquelita o de un material similar que prevenga cortaduras sobre la tela, ya que ésta gira sobre ella. En estas mesas el drenado se efectúa por gravedad pasando a través de las ranuras de la cubierta hacia un depósito que este tipo de máquinas tiene, de ahí pasa esta agua a la fosa de la máquina a través de tubos de descarga, en algunos de estos tubos el flujo es controlado por válvulas.

La mesa de formación es fijada y ajustada cuando la máquina está en operación, para tal caso tiene unos tornillos sin fin que sirven como especie de restiradores, es decir, con ellos se puede empujar o jalar dicha mesa cuando sea necesario, otros tornillos sirven para subirla o bajarla, y en tercer lugar tiene una serie de tornillos fijadores.

Características de la mesa de formación:

Ancho de la mesa 23 13/16 de pulgada

Longitud 189 pulgadas

Consta de 7 tiras de vulcatex, cuyo ancho es: 6 tiras de 2 7/16 de pulgadas y una de 5 1/2 pulgadas.

Distancia entre centros de las tiras es de 4 pulgadas

El material y demás accesorios de la mesa de formación es acero inoxidable.

MESA DE RODILLO

Esta consta de rodillos de bronce, acero o aluminio, algunos recubiertos con una capa de $\frac{1}{4}$ de pulgada de hule y otros además de tener dicha cubierta son ranurados, todos ellos son de un mismo diámetro aunque estén cubiertos o no y el mismo largo, siendo ésta medida siempre mayor al ancho de la tela metálica.

El número de rodillos para la mesa de rodillos es determinado por la cantidad de deflexión, la velocidad crítica y la velocidad de la tela, obteniéndose así el drenado requerido y necesario.

Normalmente la colocación de los rodillos es como sigue:

Inmediatamente después de la mesa de formación están colocados de 3 a 4 rodillos de hule ranurados, dichas ranuras son a todo lo largo de los mismos y sirven para mejorar la orientación de las fibras y evitar el rápido drenado del agua de la pasta, ya que un drenado excesivo perjudicaría la buena formación de la hoja y de igual modo la buena orientación de las fibras por consiguiente habría variaciones muy grandes en el peso base. La función general de los rodillos así como la de los baffles o deflectores es cargar la tela metálica. Todos los rodillos de la mesa son de caras planas excepción de los ranurados y de hule especial, siendo los ranurados y otros dos siguientes de hule negro, que es más blando que el material de que están hechos los restantes para evitar el excesivo desgaste de la tela. Estas mesas de rodillos se usan para máquinas de altas velocidades, las hay grandes y chicas, dependiendo directamente de la velocidad a que trabaja debido a que:

- a) Entre más rodillos tenga se dará mayor tiempo al drenado y por lo tanto se le quitará mayor cantidad de agua a la pasta.
- b) El balance de dichos rodillos debe ser lo más exacto posible ya que si estos tienen algún desbalance azotan, con ello causarán problemas ya que la pasta tenderá a levantarse de la tela mecánica lo cual causa depresiones en la hoja motivando variaciones en el peso base y al mismo tiempo numerosas roturas, si los rodillos se colocan muy juntos habrá peligro de que el agua no tenga el tiempo suficiente para su drenado.

Características de la mesa de rodillos:

En total son 18 rodillos en esta mesa:

15 rodillos de caras planas

Diámetro 11 $\frac{1}{8}$ de pulgadas

Cubierta de vulcanita $\frac{1}{4}$ de pulgada con recubrimiento de hule

Longitud de 189 pulgadas

3 rodillos de caras ranuradas:

Diámetro de 11 $\frac{3}{8}$ de pulgada

Largo de 189 pulgadas

Ranura de $\frac{1}{4}$ de pulgada de ancho con una profundidad de $\frac{1}{4}$ de pulgada

CAJA DE SUCCIÓN

Están colocadas a continuación de la mesa de rodillos, a todo lo ancho de la tela metálica y por debajo de ésta, sirviéndole por lo tanto como sostén. El fin principal de ellas es quitarle a

la pasta la mayor cantidad posible de agua dejando la hoja con una humedad aproximada de un 85%.

El material que tienen en la superficie de contacto con la tela es de una dureza especial para evitar el desgaste excesivo de dicha tela motivado por la constante fricción, dicho material del área de contacto o cubierta de las cajas planas de succión puede ser: carburo de silicio conocido como KT, plástico al alto impacto conocido como LFI, Gasket, maderas duras, Sycamore, etc.

RODILLO COUCH

Se encuentra instalado inmediatamente después de las cajas de succión, es el punto donde inicia su retorno de giro la tela, la cual se encuentra colocada encima de él cubriéndole con su anchura todo lo largo. Es un rodillo de succión, debido a ello está perforado en toda su superficie lateral y tiene en su interior una caja de succión con 2 compartimentos especiales y sellados, encima de él y de la tela se localiza un rodillo de menor diámetro con cubierta de hule y colocado en forma excéntrica en relación a su centro de giro, éste sirve para presionar la pasta sobre el rodillo couch.

Características del rodillo couch de succión:

Diámetro 40 pulgadas

Cara lateral perforada

Largo de 186 pulgadas

Caja con dos compartimentos de 5 y 7 pulgadas

Movible 360 ° con sellos de vulcatex y mangueras de neopreno.

CHAROLAS

Son 2, tienen forma de tinas, cuyo material de fabricación es acero inoxidable, están colocadas debajo de las mesas de formación y de rodillos sirven para que se depositen en ellas toda el agua drenada de la pasta y al mismo tiempo adicionarla en la fosa de la máquina. Tienen cada una de ellas 2 descargas hacia dicha fosa, una en cada extremo, estos es con el fin de evitar mayor turbulencia y por lo tanto la formación de espumas.

COUCH PIT (Fosa del couch)

Es la fosa del rodillo couch y en ella se deposita la pasta que se desprende por los extremos de éste.

FOSA DE LA MÁQUINA

El fin principal es la recepción del agua drenada, la cual además de llevar, muchos finos en suspensión es agua químicamente tratada.

La hoja húmeda del papel pasa de la máquina de formación a la sección de prensado, estas prensas están compuestas por 2 rodillos y un fieltro de lana, el cual es recirculado por una serie de rodillos recubiertos con hule de ranuras helicoidales.

Los rodillos de las prensas están colocados uno encima del otro y excéntricamente, el superior es sólido y de granito, sirve para exprimir la hoja de papel, el inferior es un rodillo succionador debido a ello tiene una serie de perforaciones. El papel es llevado por el fieltro y pasa por en medio de los 2 rodillos saliendo la hoja con una humedad aproximada de 65 %, de aquí es introducida a la sección de secado a través de la cual es llevada por lonas en forma de bandas sin fin.

Los secadores son cilindros de fierro, huecos, de superficie pulimentada, de 1.5 metros de diámetro, calentados con vapor y dispuestos en tal forma que secan ambas caras de la hoja de papel. El agua es eliminada de dicha hoja en forma de vapor, el cual es removido y extraído por ventiladores de succión instalados en una campana metálica que cubre completamente la sección de secado. Al extraer dicho vapor se evita la condensación del mismo y por lo tanto posibles reventadas del papel causadas por caerle agua de condensado.

De los secadores se pasa la hoja a la calandria por la parte superior, la cual está formada por 8 rodillos dispuestos en forma vertical y de los cuales 4 admiten vapor por ser hueco, ellos son el 1°, el 3°, el 4° y el 6°.

En la calandria se termina de secar el papel, se satina y se le mejora el acabado, quedando con una humedad aproximadamente 7%, aquí mismos se le enrolla en un rodillo móvil para formar el carrete que tiene 4.8 metros de longitud (ancho de la hoja de papel) y que pesa aproximadamente 3 toneladas. Al tener un carrete terminado se corta la guía (papel) y se empieza a enrollar otro sin interrumpir la operación de la máquina.

El carrete o Reell terminado es llevado a la bobinadora, donde por medio de cuchillas circulares y ajustables a cualquier distancia se obtienen los rollos o bobinas en las dimensiones especificadas por el consumidor y cuyo largo varía de 1.56, 1.47 a 0.39 mts.

Las bobinas o rollos ya terminados son llevados al departamento de acabado y embarque donde se les envuelve y protege cuidadosamente para ser posteriormente pasados y conducidos al almacén donde oportunamente se les embarca para su distribución y consumo.

2.3 BALANCE DE MATERIALES

Debido a lo expuesto anteriormente, la intención de este trabajo es el proponer una planta productora de papel kraft que sea competitiva en costos, para poder competir en precios respecto a la importación.

Como efecto de demostración hemos tomado una planta pequeña (50 % más pequeña que la de referencia). Por otro lado, el suministro de materia prima correspondiente a la fibra secundaria, representa un reto para este tipo de tecnología, debido a que la separación de los residuos municipales es muy poco aplicada en México, y por lo tanto, no se conoce con exactitud la disponibilidad de la fibra secundaria como materia prima en el proceso de elaboración de papel, siendo ésta una de las razones por las que se eligió una planta de pequeña capacidad. La planta tomada como referencia elabora el mismo producto; y produce 50,000 toneladas de papel kraft seco por año.

Para efectuar el balance de masa se han considerado los siguientes datos:

I. PRODUCCION

La base de cálculo a tomar es de 3,000 Kg/hr, (3 Ton/hr) ésta base es considerada como la producción por hora de producto terminado, que equivale a 72 Ton/día y 25,200 Toneladas por año.

II. COMPOSICION

La composición del cartón es de:

80% cara limpia y 20% de pasta de relleno: Las materias primas con que se elaboran estos componentes varían de acuerdo con las exigencias de la orden de fabricación y con la existencia de materias primas, o de sus substitutos, pero podemos considerar como carga base la siguiente (*Herrera, 1994*):

Cara limpia:

- 80% de celulosa kraft sin blanquear (fibra nueva)
- 18 % de fibra secundaria (Separada de los residuos municipales)
- 2 % de recorte de caja 100% kraft (generados en la planta)

Relleno:

- 70 % de caja kraft de desecho (Separada de los residuos municipales)
- 20 % de recorte de corrugadoras (generados en la planta)
- 10 % de desperdicio de imprenta (Separado de los residuos municipales)

Los productos químicos que se agregan al papel son un encolante a base de resinas, principalmente colofonia, y sulfato de aluminio para precipitar el encolante. El objeto de agregar estos productos químicos es dar al papel cierta impermeabilidad. Estos materiales se agregan en ambas pastas en la siguiente proporción (*Herrera, 1994*):

- 0.8 % de encolante

1.5 % de sulfato de aluminio

Debido a la pequeñísima proporción en que se usan, en los análisis que se efectuaron en las aguas de desecho, no se encontraron más que vestigios de resinas precipitadas.

III. CONSISTENCIAS Y PERDIDAS

Las concentraciones (consistencias) y pérdidas de materiales que se han estimado, han sido usadas para llevar a cabo el balance, representan un promedio de valores obtenidos en análisis de muestras tomadas a diferentes horas del día durante un periodo prolongado de tiempo.

El balance se ha efectuado en aquellas partes del proceso en que se pierde o gana material, ya sea agua o fibras, durante su desarrollo se estudian los siguientes puntos:

1. Producto terminado
2. Calandrias
3. Secadores
4. Prensas
5. Cajas de vacío
6. Rodillo extractor
7. Pasta limpia en la hoja
8. Formación de la pasta limpia
9. Caja de mezcla de pasta limpia
10. Depuración de la pasta limpia
11. Caja de distribución de pasta limpia
12. Sistema de recirculación del filtrado de los formadores de pasta limpia
13. Regulador de consistencia de pasta limpia
14. Hidrapulper de pasta limpia
15. Pasta de relleno de la hoja
16. Formación de la pasta de relleno
17. Cajas de mezcla de pasta de relleno
18. Depuración de la pasta de relleno
19. Caja de distribución de la pasta de relleno
20. Regulador de consistencia de la pasta de relleno
21. Sistema de recirculación del filtrado de los formadores de pasta de relleno.
22. Hidrapulper de la pasta de relleno

Se podrá observar que el balance se desarrolla siguiendo una secuencia inversa a la del proceso de fabricación. La razón por la que se sigue este orden es que en la molienda que se lleva a cabo en los hidrapulpers y en la dilución que se presenta en los reguladores de consistencia se emplea agua de las fosas de agua de fabricación, y en las cajas de distribución, depuradores y cajas de mezcla se recircula una fracción del agua filtrada en los

formadores, en ambos casos el agua contiene una fracción de fibra, en el caso del agua de las fosas, la cantidad de fibra es determinada por las fugas en las cajas de los formadores, por la fracción de filtrado de los formadores y por el agua extraída en el rodillo extractor y las prensas. Al agregar agua mezclada con fibra necesariamente se altera la cantidad de fibra que se está procesando, por lo que ha sido necesario determinar primero las concentraciones de fibra en el agua que se recircula partiendo de las concentraciones de las fracciones que la componen.

Las actividades y operaciones principales que deben efectuarse para obtener el papel son:

A) ABASTECIMIENTO Y TRANSFORMACION DE LA MADERA EN PASTA

- 1) Selección del árbol
- 2) Abrir el camino hacia el árbol
- 3) Tala del árbol
- 4) Descortezado y corte de la madera en trozas
- 5) Transportación de la madera a la planta
- 9) Almacenaje de la madera en fosas con agua que están en el patio de la planta
- 10) Colocación de la madera, por medio de una grúa móvil, en el transportador que la conducirá al interior de la planta
- 11) Rajado de las trozas (cuando están muy gruesas) que conduce el transportador a los desfibradores (molinos)
- 12) Abastecimiento de madera a los desfibradores (molinos)
- 13) Conversión de la madera en pasta por medio de los desfibradores
- 14) Refinación y depuración de la pasta
- 15) Espesamiento de la pasta
- 16) Blanqueo de la pasta
- 17) Pruebas de consistencia
- 20) Control de acidez de la pasta
- 21) Almacenamiento de la pasta

B) ABASTECIMIENTO DE AGUA

- 6) Almacenamiento de agua fresca en el tanque de suministro
- 7) Control de presión del agua fresca
- 8) Bombeo del agua fresca a los tanques de almacenamiento de la madera

C) ABASTECIMIENTO DE SOLUCIONES

- 18) Preparación de las diferentes soluciones
- 19) Almacenado de dichas soluciones en tanques usados para tal fin

D) ABASTECIMIENTO DE CELULOSA

- 22) Almacenamiento de la celulosa en el local destinado para tal fin
- 23) Suministro de la celulosa al Hidrapulper

-
- 24) Mezclado de la celulosa para su conversión en pasta
 - 25) Refinación de la celulosa
 - 26) Pruebas de consistencia y freeness de la celulosa
 - 27) Almacenado de la celulosa en tanques destinados para tal fin

E) ABASTECIMIENTO DE MERMA

- 28) Batido de la merma para su conversión en pasta
- 29) Refinación de la merma
- 30) Pruebas de consistencia y freeness de la merma
- 31) Almacenamiento de la merma en el tanque destinado para tal fin

F) PROCESO DE LA FORMACIÓN DE PAPEL

- 32) Bombeo de cada una de las diferentes pastas (mecánica, celulosa y merma) al tanque mezclador (jordan)
- 33) Mezclado de las pastas en el tanque mezclador
- 34) Refinación y depuración de la pasta mezclada
- 35) Adición del colorante a la pasta mezclada
- 36) Control de la acidez de la pasta mezclada
- 37) Abastecimiento de la pasta mezclada a la primera etapa del proceso de formación de papel (caja de flujo)
- 38) Control de presión y nivel de la caja de flujo
- 39) Bombeo del antiespumante
- 40) Formación de la hoja de papel en la mesa de formación
- 41) Prensado y secado de la hoja de papel
- 42) Satinado de la hoja de papel
- 43) Enrollamiento de la hoja de papel y control de uniformidad y tamaño del rollo
- 44) Muestreo y determinación de calidad del papel (peso base, rasgado, tersura, porosidad, calibre, mullen, humedad, blancura y absorción)
- 45) Embobinado de papel
- 46) Empaque de las bobinas de papel
- 47) Determinación de peso en Kilogramos de cada bobina
- 48) Estiba y control de almacenamiento de papel
- 49) Envío del producto (papel) al mercado

El diagrama 5 Representa al proceso original, las corrientes que se presentan son las obtenidas con la alimentación de diseño, el diagrama 6 muestra las corrientes obtenidas con la alimentación de diseño la cual es la de fibras nuevas y el diagrama 7 presenta su contraparte, la sección de fibras secundarias; mientras que los diagramas 8, 9 y 10 presentan los mismos sistemas pero el proceso es modificado en sus alimentaciones. Para mayores detalles de los cálculos realizados para obtener el balance de masa, ver el anexo de memorias descriptivas, específicamente el correspondiente a desarrollo del balance de masa.

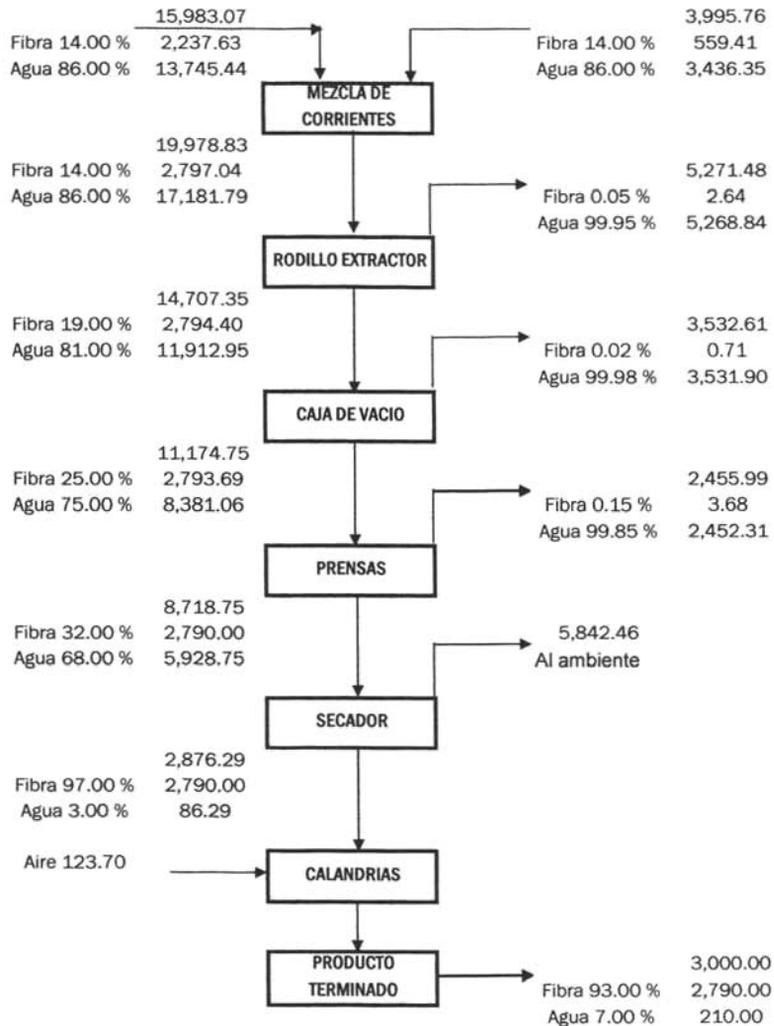


DIAGRAMA 5. Diagrama del sistema I de la planta productora de papel. Corresponde al proceso original.

Nota: Las unidades de las corrientes presentes son Kg/hr

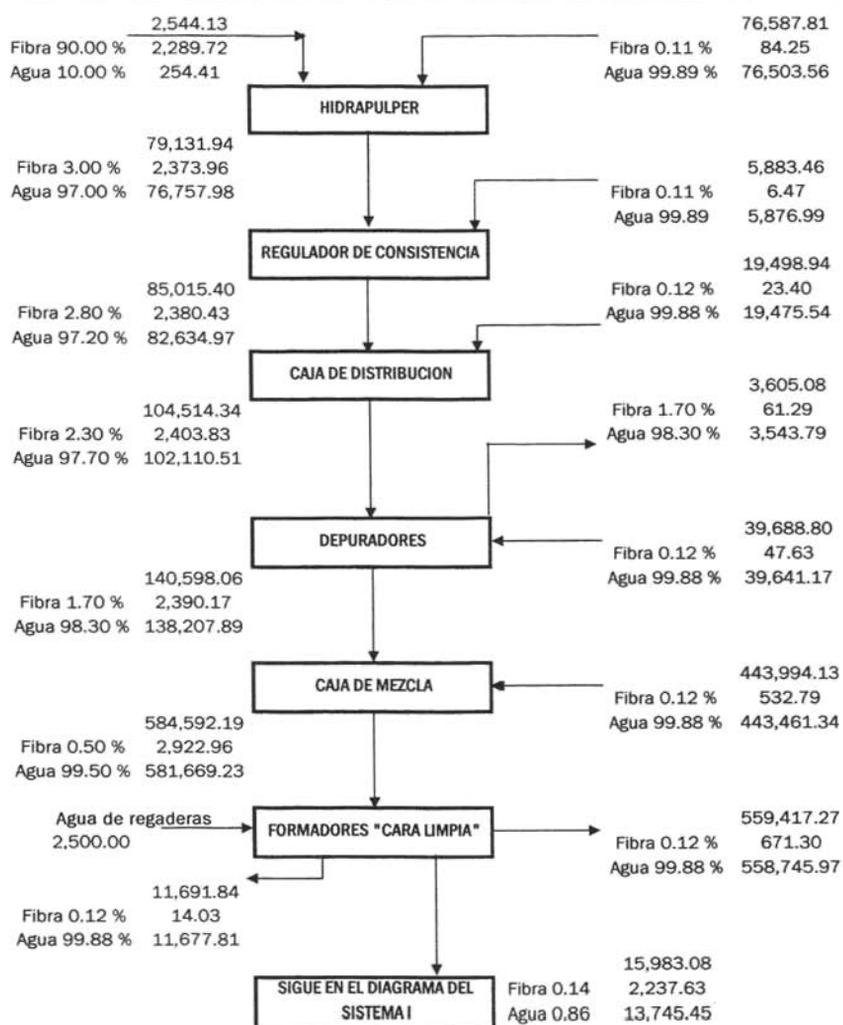


DIAGRAMA 6. Diagrama del sistema II de la planta productora de papel. Corresponde al proceso original, la alimentación es del 80 % de fibras nuevas.

Nota: Las unidades de las corrientes presentes son Kg/hr

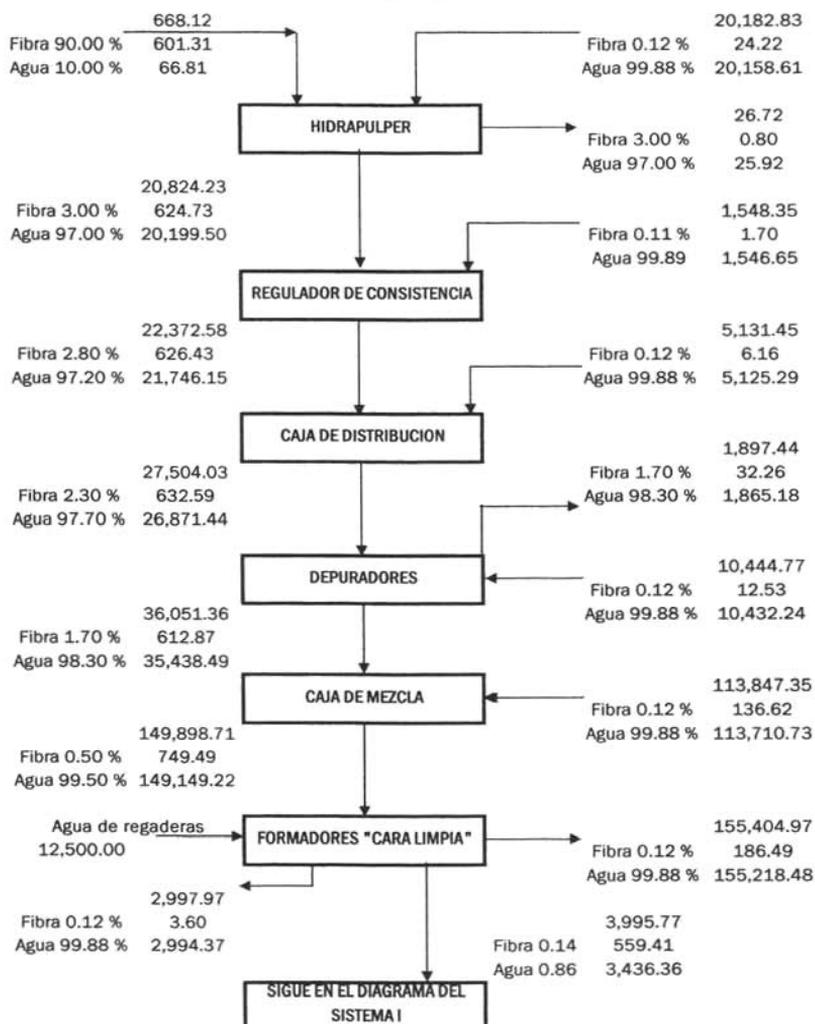


DIAGRAMA 7. Diagrama del sistema III de la planta productora de papel. Corresponde al proceso original, la alimentación es del 20 % de fibras secundarias.

Nota: Las unidades de las corrientes presentes son Kg/hr

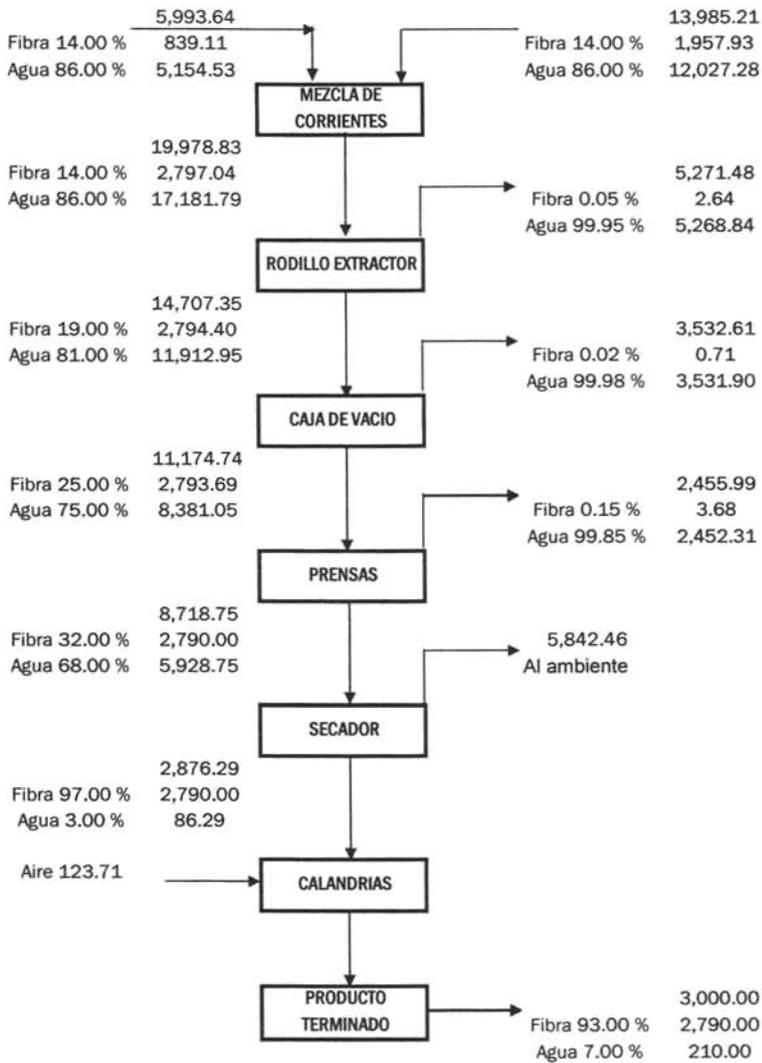


DIAGRAMA 8. Diagrama del sistema I de la planta productora de papel. Corresponde al proceso modificado.

Nota: Las unidades de las corrientes presentes son Kg/hr

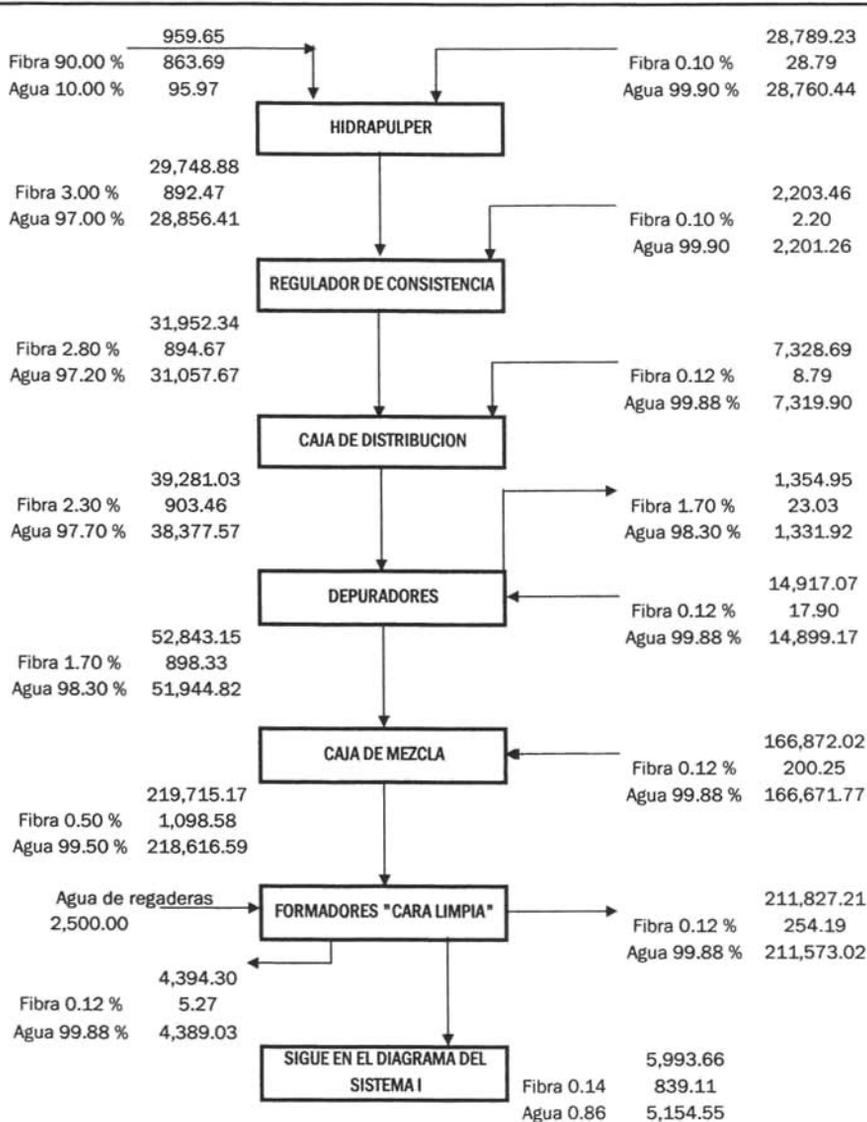


DIAGRAMA 9. Diagrama del sistema II de la planta productora de papel. Corresponde al proceso modificado, la alimentación corresponde al 29.50 % de fibras nuevas.

Nota: Las unidades de las corrientes presentes son Kg/hr

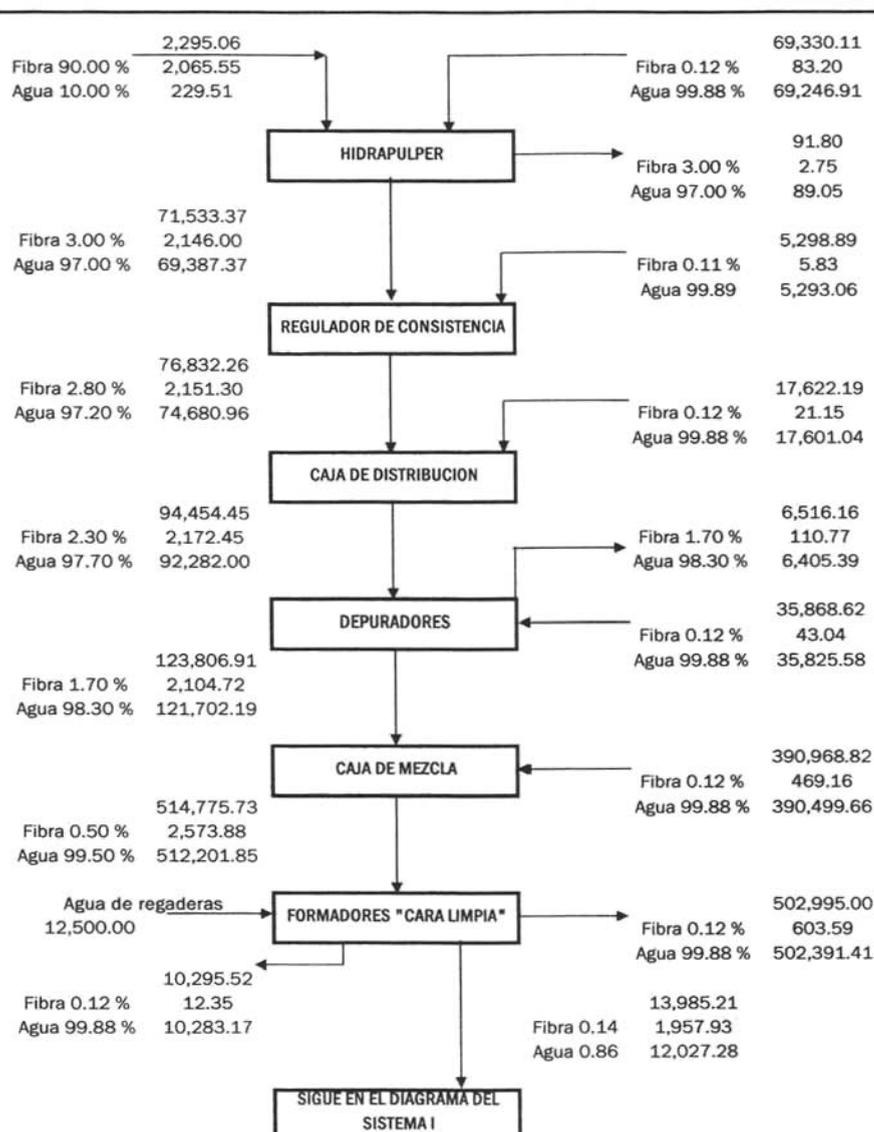


DIAGRAMA 10 Diagrama del sistema III de la planta productora de papel. Corresponde al proceso modificado, la alimentación corresponde al 70.50 % de fibras secundarias. Nota: Las unidades de las corrientes presentes son Kg/hr

Después de presentar esquemáticamente el proceso original y el propuesto, ciertamente podemos afirmar las corrientes que circulan dentro del proceso de acuerdo a los balances de masa desarrollados.

Anteriormente, dentro de este mismo capítulo se hizo la descripción de los equipos que intervienen en el proceso, no fue así en el caso de las tuberías, de las que únicamente se presentan las características mínimas requeridas en los materiales y en el rango de manejo de los diámetros nominales, pero en ningún momento se especifican los diámetros requeridos por cada corriente. Para disipar estas dudas, se presentan las siguientes tablas comparativas, se muestran los sistemas I, II y III contraponiendo los datos obtenidos en el balance del proceso original y el proceso propuesto, aclararé entonces que en los casos donde no se anote diámetro alguno, corresponderá a cualquier otro tipo de transporte y además en caso de necesitar una mayor comprensión de esta etapa de la investigación se consulte la memoria descriptiva correspondiente a la selección de diámetros de tuberías.

Inmediatamente, se presentan los consumos del proceso, de acuerdo a los datos obtenidos en los balances de masa. Posteriormente, se observará en las tablas correspondientes que los diámetros corresponden desde valores menores a las 6 plg hasta las 14 plg de diámetro, lo cual representará modificaciones a la planta únicamente en el área de tuberías ya que los equipos no resultaron modificados en capacidades ni en arreglo de los mismos (Ver tablas 12, 13 y 14).

Tabla 11. Consumos del proceso (Materias primas y servicios)

	Proceso Original	Proceso propuesto
Materia Prima		
Desperdicio Kraft	74.23 Kg	1,301.88 Kg
Desperdicio Kraft Americano	593.89 Kg	993.18 Kg
Celulosa Nueva	2,544.13 Kg	959.65 Kg
Encolante	30 Kg	30 Kg
Anilina naranja	300 cm ³	300 cm ³
Servicios		
Vapor	6,750.00 Kg	6,750.00 Kg
Agua	3,000.00 m ³	3,000.00 m ³
Electricidad	600 Kw-hr	600 Kw-hr

Fuente: En el caso de los servicios, son datos experimentales obtenidos por operación de una planta piloto (Maldonado, 1962) para la obtención de 3 toneladas de papel kraft seco.

Instituto Politécnico Nacional, (CICATA, 1962)

SISTEMA I	PROCESO ORIGINAL					PROCESO PROPUESTO				
	ENTRADAS (Kg/hr)		SALIDAS (Kg/hr)			ENTRADAS (Kg/hr)		SALIDAS (Kg/hr)		
Tanque de mezcla de										
todas las pastas										
Fibra	2,237.63	559.41	2,797.04	0.00	0.00	839.11	1,957.93	2,797.04	0.00	0.00
Agua	13,745.44	3,436.35	17,181.79	0.00	0.00	5,154.53	12,027.28	17,181.81	0.00	0.00
A rodillo extractor	15,983.07	3,995.76	19,978.83	0.00	0.00	5,993.64	13,985.21	19,978.85	0.00	0.00
	8 plg	< 8 plg	8 plg			6 plg	6 plg	6 plg		
Rodillo extractor										
Fibra	2,797.04	0.00	2,797.04	2.64	0.00	2,797.04	0.00	2,794.40	2.64	0.00
Agua	17,181.79	0.00	17,181.79	5,268.84	0.00	17,181.81	0.00	11,912.95	5,268.86	0.00
A la caja de vacío	19,978.83	0.00	19,978.83	5,271.48	0.00	19,978.85	0.00	14,707.35	5,271.50	0.00
Caja de vacío										
Fibra	2,794.40	0.00	2,793.69	0.71	0.00	2,794.40	0.00	2,793.69	0.71	0.00
Agua	11,912.95	0.00	8,381.05	3,531.90	0.00	11,912.95	0.00	8,381.05	3,531.90	0.00
A prensas	14,707.35	0.00	11,174.74	3,532.61	0.00	14,707.35	0.00	11,174.74	3,532.61	0.00
Prensas										
Fibra	2,793.69	0.00	2,790.00	3.69	0.00	2,793.69	0.00	2,790.00	3.69	0.00
Agua	8,381.05	0.00	5,928.74	2,452.31	0.00	8,381.05	0.00	5,928.74	2,452.31	0.00
A secador	11,174.74	0.00	8,718.74	2,456.00	0.00	11,174.74	0.00	8,718.74	2,456.00	0.00
Secador										
Fibra	2,790.00	0.00	2,790.00	0.00	0.00	2,790.00	0.00	2,790.00	0.00	0.00
Agua	5,928.74	0.00	88.30	5,842.44	0.00	5,928.74	0.00	88.30	5,842.44	0.00
A calandrias	8,718.74	0.00	2,876.30	5,842.44	0.00	8,718.74	0.00	2,876.30	5,842.44	0.00
Calandrias										
Fibra	2,790.00	0.00	2,790.00	0.00	0.00	2,790.00	0.00	2,790.00	0.00	0.00
Agua	86.30	0.00	210.00	0.00	0.00	86.30	0.00	210.00	0.00	0.00
Aira	0.00	123.70	0.00	0.00	0.00	0.00	123.70	0.00	0.00	0.00
A línea de producción	2,876.30	123.70	3,000.00	0.00	0.00	2,876.30	123.70	3,000.00	0.00	0.00

Tabla 12. Presentación de los diámetros requeridos para las corrientes del SISTEMA I (PROCESO ORIGINAL Y PROPUESTO)

SISTEMA II	PROCESO ORIGINAL					PROCESO PROPUESTO				
	ENTRADAS (Kg/hr)		SALIDAS (Kg/hr)			ENTRADAS (Kg/hr)		SALIDAS (Kg/hr)		
Hidrapulper										
Fibra	2,289.72	84.25	2,373.97	0.00	0.00	863.69	28.78	892.47	0.00	0.00
Agua	254.41	76,503.58	78,767.97	0.00	0.00	95.96	28,760.45	28,856.41	0.00	0.00
A regulador de consistencia	2,544.13	76,587.81	79,131.94	0.00	0.00	959.85	28,789.23	29,748.88	0.00	0.00
		6 plg	8 plg				6 plg	6 plg		
Regulador de consistencia										
Fibra	2,373.97	6.46	2,380.43	0.00	0.00	892.47	2.20	894.67	0.00	0.00
Agua	76,757.97	5,878.99	82,634.96	0.00	0.00	28,856.41	2,201.26	31,057.67	0.00	0.00
A la caja de distribución	79,131.94	5,883.45	85,015.39	0.00	0.00	29,748.88	2,203.48	31,952.34	0.00	0.00
	6 plg	6 plg	6 plg			6 plg	< 6 plg	6 plg		
Caja de distribución										
Fibra	2,380.43	23.40	2,403.83	0.00	0.00	894.67	8.79	903.46	0.00	0.00
Agua	82,634.96	19,475.55	102,110.51	0.00	0.00	31,057.67	7,318.90	38,377.57	0.00	0.00
A depuradores	85,015.39	19,498.95	104,514.34	0.00	0.00	31,952.34	7,328.69	39,281.03	0.00	0.00
	8 plg	8 plg	8 plg			6 plg	6 plg	6 plg		
Depuradores										
Fibra	2,403.83	47.83	2,390.17	61.29	0.00	903.46	17.90	898.33	23.03	0.00
Agua	102,110.51	39,641.17	138,207.89	3,543.79	0.00	38,377.57	14,899.17	51,944.82	1,331.92	0.00
A cajas de mezcla	104,514.34	39,888.80	140,598.06	3,605.08	0.00	39,281.03	14,917.07	52,843.15	1,354.95	0.00
	6 plg	6 plg	8 plg	< 6 plg		6 plg	6 plg	6 plg	< 6 plg	
Cajas de mezcla										
Fibra	2,390.17	532.79	2,922.96	0.00	0.00	898.33	200.25	1,098.58	0.00	0.00
Agua	138,207.89	443,461.34	581,669.23	0.00	0.00	51,944.82	166,671.75	218,616.57	0.00	0.00
A tanque de mezcla de pastas	140,598.06	443,994.13	584,592.19	0.00	0.00	52,843.15	166,872.00	219,715.15	0.00	0.00
	8 plg	12 plg	14 plg			6 plg	8 plg	10 plg		
Formadores de cara limpia										
Fibra	2,922.96	0.00	671.30	2,237.63	14.03	1,098.58	0.00	839.11	254.19	5.28
Agua	581,669.23	0.00	558,745.97	13,745.45	11,677.81	218,618.57	0.00	5,154.54	211,573.01	4,389.02
Agua de regaderas	0.00	2,500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2,500.00	0.00	0.00	0.00
A línea de producción	584,592.19	2,500.00	559,417.27	15,983.08	11,691.84	219,715.15	2,500.00	5,993.65	211,827.20	4,394.30
	14 plg		14 plg	6 plg	6 plg	10 plg		< 6 plg	10 plg	< 6 plg

Tabla 13. Presentación de los diámetros requeridos para las corrientes del SISTEMA II (PROCESO ORIGINAL Y PROPUESTO)

SISTEMA III	PROCESO ORIGINAL					PROCESO PROPUESTO				
	ENTRADAS (Kg/hr)		SALIDAS (Kg/hr)			ENTRADAS (kg/hr)		SALIDAS (Kg/hr)		
Hidrapulper										
Fibra	601.31	24.22	624.73	0.80	0.00	2,065.55	83.20	2,148.00	2.75	0.00
Agua	66.81	20,158.61	20,199.60	25.92	0.00	229.51	69,246.91	69,387.37	89.05	0.00
Al regulador de consistencia	668.12	20,182.83	20,824.23	26.72	0.00	2,295.06	69,330.11	71,533.37	91.80	0.00
		6 plg	6 plg	< 6plg			6 plg	6 plg	< 6 plg	
Regulador de consistencia										
Fibra	624.73	1.70	626.43	0.00	0.00	2,146.00	5.30	2,151.30	0.00	0.00
Agua	20,199.50	1,546.65	21,746.15	0.00	0.00	69,387.37	5,293.59	74,680.96	0.00	0.00
A la caja de distribución	20,824.23	1,548.35	22,372.58	0.00	0.00	71,533.37	5,298.89	76,832.26	0.00	0.00
	6 plg	< 6plg	6 plg			6 plg	< 6 plg	6 plg		
Caja de distribución										
Fibra	626.43	6.16	632.59	0.00	0.00	2,151.30	21.15	2,172.45	0.00	0.00
Agua	21,746.15	5,125.29	28,871.44	0.00	0.00	74,680.96	17,601.04	92,282.00	0.00	0.00
A depuradores	22,372.58	5,131.45	27,504.03	0.00	0.00	76,832.26	17,622.19	94,454.45	0.00	0.00
	6 plg	< 6plg	6 plg			6 plg	6 plg	6 plg		
Depuradores										
Fibra	632.59	12.53	612.87	32.25	0.00	2,172.45	43.04	2,104.72	110.77	0.00
Agua	26,871.44	10,432.24	36,438.49	1,865.19	0.00	92,282.00	35,826.58	121,702.19	6,405.39	0.00
A cajas de mezcla	27,504.03	10,444.77	36,051.36	1,897.44	0.00	94,464.45	35,868.62	123,806.91	6,516.16	0.00
	6 plg	6 plg	6 plg	< 6 plg		6 plg	6 plg	8 plg	< 6 plg	
Cajas de mezcla										
Fibra	612.87	136.62	749.49	0.00	0.00	2,104.72	469.16	2,573.88	0.00	0.00
Agua	35,438.49	113,710.73	149,149.22	0.00	0.00	121,702.19	390,499.66	512,201.85	0.00	0.00
A formadores de cara limpia	36,051.36	113,847.35	149,898.71	0.00	0.00	123,806.91	390,988.82	514,775.73	0.00	0.00
	6 plg	6 plg	8 plg			8 plg	12 plg	14 plg		
Formadores de relleno										
Fibra	749.49	0.00	559.41	186.48	3.60	2,573.88	0.00	1,957.93	603.59	12.35
Agua	149,149.22	0.00	3,436.35	155,218.49	2,994.38	512,201.85	0.00	12,027.25	502,391.45	10,283.16
Agua de regaderas	0.00	12,500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12,500.00	0.00	0.00	0.00
A línea de producción	149,898.71	12,500.00	3,995.76	155,404.97	2,997.98	514,775.73	12,500.00	13,985.18	502,995.04	10,295.51
	8 plg		< 6 plg	8 plg	< 6plg	14 plg		6 plg	14 plg	8 plg

Tabla 14. Presentación de los diámetros requeridos para las corrientes del SISTEMA III (PROCESO ORIGINAL Y PROPUESTO)

2.4 COMPARACION DEL PROCESO DE ELABORACION DE PAPEL. EL PROCESO ACTUAL Y EL PROCESO PROPUESTO

Puede observarse de la tabla 11, que la mayor diferencia entre la operación actual del sistema con respecto a la modificación que se propone en esta investigación es la composición de la alimentación, básicamente la relación porcentual que existe entre la alimentación de fibra nueva, y la alimentación de fibra secundaria.

En efecto, mientras que en el proceso actual se alimenta un 20% de fibra secundaria y 80 % de fibra nueva (celulosa nueva), la modificación que se propone al proceso genera una nueva relación de la alimentación, misma que quedaría de la siguiente manera:

Se propone el alimentar un 70.5% de fibra secundaria y un 29.5 % de fibras nuevas, esta relación no afectará de ningún modo la calidad del producto final, ya que hemos previsto eso al desarrollar el balance, se cumplirán los estándares deseables de calidad para que el producto sea competitivo dentro del mercado, no obstante, en plantas brasileñas las alimentaciones de materias primas constituyen el 100% de fibras recuperadas de los residuos municipales, esto sin afectar la eficiencia del proceso en ningún momento. Los tiempos de residencia de las fibras en los equipos, no requieren ajuste alguno, la separación de contaminantes en el caso de las fibras secundarias se hace con los mismos equipos, no resultando afectada la operación ni la eficiencia de los mismos, de igual modo, este es el comportamiento de las bombas y sistemas de drenado.

El consumo de la energía en ambos procesos, es igual, lo mismo para los casos del agua y del vapor, así que no habría necesidad de hacer modificación alguna en estos rubros.

Destacaremos aquí que, aunque el proceso se modifique, las operaciones serán las mismas. Las modificaciones serán básicamente de transporte, para incrementar y/o disminuir -según sea requerido- la capacidad del manejo de los flujos de las tuberías, sin afectar los equipos existentes que operan la planta actualmente en capacidad ni ubicación, no requiriéndose ninguna adquisición de equipo nuevo ni adaptación al ya existente.

Sin embargo, al hacer la modificación en las alimentaciones, los gastos de las materias primas si se ven afectados, para poder determinar la magnitud de esta situación, es necesario que hagamos una evaluación del proyecto, para saber la rentabilidad del mismo y si es conveniente el incrementar la vida útil de la planta caso de estudio.

3.0 EVALUACION ECONOMICA

3.1 CRITERIOS GENERALES DE EVALUACIÓN

En este capítulo se presenta la evaluación económica de la modificación a la planta evaluada técnicamente en el capítulo 2 para producir papel kraft a partir del reuso de residuos municipales.

En el caso de la modificación al proceso, como se verificó con el cálculo del balance de masa en ambos casos, los equipos no serán afectados en capacidad ni ubicación al llevarse a cabo la modificación al proceso, no siendo el caso de las tuberías que transportan los flujos de la planta entre unos y otros equipos, modificación que generará costos que deben evaluarse junto con los costos de fabricación de los productos.

Para facilitar la comparación y consulta de este capítulo, se presentan únicamente los resultados finales, y en caso de ser necesario se recomienda consultar el anexo correspondiente a la memoria descriptiva del desarrollo de la evaluación económica.

En la tabla 14 se muestran los costos unitarios tanto de materias primas, mano de obra y servicios que aplicarán para ambos procesos en todo momento. En la evaluación económica, los datos usados para las materias primas, fueron obtenidos de la Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y Papel y en el caso de la mano de obra, fueron proporcionados por la Asociación Nacional de Técnicos de Celulosa y Papel.

Con el propósito de facilitar el seguimiento y la comprensión del desarrollo de la evaluación económica, se tomarán los siguientes criterios como base para la evaluación económica de la solución –es decir, la modificación a las alimentaciones del proceso de elaboración de papel kraft- que se presentó en este trabajo de investigación (Escobar, 2000):

1. El programa se financiará sobre fondos propios,
2. La depreciación es lineal,
3. No se tomará en cuenta la inflación, y
4. Los costos, ingresos y precios de los productos se consideran constantes.
5. Finalmente, se considerará que la planta operará al 85 % de su capacidad 350 días por año, y 24 horas por día.

Hemos comprobado en el desarrollo de la Ingeniería Básica que al sufrir las alimentaciones ajustes como los que se plantean, los costos de producción se modificarían, al reemplazar una materia prima cara (celulosa nueva) por una materia prima más barata (fibra secundaria) y estas posibles reducciones de costos de producción provocarían por ende que los precios de los productos elaborados en esta planta sean de un precio más competitivo que el actual.

Por lo que el principal criterio de evaluación del proyecto será el demostrar lo siguiente:

Que las modificaciones que se desarrollarán en la planta a raíz de las recomendaciones ya sugeridas pueden pagarse en su totalidad con los ahorros en materias primas que generará la modificación a las alimentaciones de procesos, cumpliendo el producto con los estándares de calidad requeridos por los compradores y ofreciendo un precio más competitivo.

Así pues en el desarrollo de este capítulo, primeramente, se presentan los montos generados como “ahorro” por la sustitución de las materias primas, después los montos

requeridos como inversión fija, posteriormente se presenta una tabla con los costos de producción de los productos que se manejan tanto en el proceso original como en el proceso propuesto y finalmente se presenta la evaluación económica.

Tabla 15. Costos unitarios que corresponden a materias primas, servicios y mano de obra

<u>Materias Primas</u>	
Desperdicio kraft	\$ 3.00/Kg
Desperdicio kraft americano	\$ 3.50/Kg
Celulosa nueva	\$ 6.00/Kg
Anilina Naranja	\$ 0.50/100 cm ³
Encolante	\$ 1.50/Kg
<u>Servicios</u>	
Vapor	\$ 0.875/Kg
Agua	\$ 0.300/m ³
Electricidad	\$ 0.045 Kw-hr
<u>Mano de obra</u>	
Operadores	\$ 180.00/día
Supervisión	\$ 320.00/día

Fuente: Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y Papel, 2000. Asociación Nacional de Técnicos de Celulosa y Papel, 2000

3.2 COSTOS GENERADOS POR LA SUSTITUCIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Los "ahorros" que se mencionan en esta etapa de la evaluación del proyecto, son como se dijo anteriormente los generados por la sustitución de las materias primas, sólo para efectos de demostración y por la facilidad que esto implica, los cálculos se harán por día y al final de este apartado se citará la cantidad anual que corresponde a esta disminución de costos.

Tabla 16. Monto diario de los "ahorros" generados por la sustitución de alimentaciones

	PROCESO ORIGINAL	PROCESO PROPUESTO
Materia Prima	Costo/día	Costo/día
Desperdicio kraft	\$ 5,344.56	\$ 93,735.36
Desperdicio kraft americano	\$ 49,886.88	\$ 83,427.12
Celulosa nueva	\$ 366,354.72	\$ 138,189.60
TOTAL	\$ 421,586.16	\$ 315,352.08
DIFERENCIA TOTAL	\$ 106,234.08 por día	

Fuente: Con información obtenida de los cálculos del balance de masa para ambos procesos.

Como puede observarse en la tabla anterior, el monto es realmente considerable, ya que hablamos de una disminución de costos de \$ 106,234.08 /día, lo cual se podría traducir como en \$ 37'181,928.00/año.

3.3 INVERSIÓN FIJA Y COSTOS DE PRODUCCIÓN

En el desarrollo de la investigación se hallaron los datos de una planta típica con una inversión en equipo de \$ 1'526,723.13 que produce 50,000 ton/año en dos líneas de producción iguales (*Herrera,2003*). Tomando como base el monto total de ésta inversión fija podemos proceder a llevar a cabo la evaluación económica y dado que se trata de un valor reciente, podemos tomarlo como referencia sin necesidad de actualizarlo.

El valor de la inversión en equipo para una planta como la del caso de estudio lo podemos calcular aplicando la fórmula siguiente:

$$Cb = Ca((Cp b)/(Cp a))^{0.6}$$

Donde:

Cb = Costo de los equipos de la planta b

Ca= Costo de los equipos de la planta a

Cp b= Capacidad de la planta b

Cp a= Capacidad de la planta a

Aplicando la fórmula tenemos:

$$Cb = \$1'526,723.13((25,200)/(50,000))^{0.6}$$

$$Cb = \$ 1'082,135.00$$

De este valor, el correspondiente a las tuberías será de: \$ 335,462.00 (*Rugiero,1999*) Ver anexo III, lo cual es el monto total de la inversión que debe hacerse en caso de que decida llevarse a cabo la modificación a la planta, tomemos en cuenta que esta inversión fija ya incluye la instalación de las tuberías (*Ríos, 2002*).

Una vez establecidas las condiciones en las que se llevará a cabo la evaluación económica, se presenta la siguiente tabla comparativa, en la misma se muestra el total de los costos anuales.

CONCEPTO	COSTO UNITARIO PARA AMBOS PROCESOS	PROCESO ORIGINAL			PROCESO PROPUESTO		
		UNIDADES REQUERIDAS (POR HORA)	COSTO TOTAL (POR HORA)	COSTO TOTAL ANUAL	UNIDADES REQUERIDAS (POR HORA)	COSTO TOTAL (POR HORA)	COSTO TOTAL ANUAL
<u>COSTOS DIRECTOS</u>							
DESPERDICIO KRAFT	\$ 3.00/Kg	74.23 Kg	\$222.69	\$1,870.596.00	1.301.88 Kg	\$3.905.64	\$32,807.376.00
DESPERDICIO KRAFT AMERICANO	\$ 3.50/Kg	593.89 Kg	\$2,078.62	\$17,460.366.00	993.18 Kg	\$3,476.13	\$29,199,492.00
CELULOSA NUEVA	\$ 6.00/Kg	2,544.13 Kg	\$15,264.78	\$128,224,152.00	959.65 Kg	\$5,757.90	\$48,366,360.00
ANILINA NARANJA	\$ 0.50/100 cm ³	300 cm ³	\$4.50	\$37,800.00	300 cm ³	\$4.50	\$37,800.00
ENCOLANTE	\$ 1.50/Kg	30 Kg	\$45.00	\$378,000.00	30 Kg	\$45.00	\$378,000.00
MANO DE OBRA	\$ 180.00/pp	12 personas	\$2,160.00	\$18,144,000.00	12 personas	\$2,160.00	\$18,144,000.00
SUPERVISION	\$ 320.00/pp	2 personas	\$640.00	\$5,376,000.00	2 personas	\$640.00	\$5,376,000.00
MANTENIMIENTO	\$682.696.53		\$682,696.53	\$682,696.53		\$682,696.53	\$682,696.53
REFACCIONES	\$102,404.48		\$102,404.48	\$102,404.48		\$102,404.48	\$102,404.48
VAPOR	\$ 0.875/Kg	8,750 Kg	\$5,906.25	\$49,612,500.00	6,750 Kg	\$5,906.25	\$49,612,500.00
AGUA	\$ 0.300/m ³	9,000 m ³	\$2,700.00	\$22,680,000.00	3,000 m ³	\$900.00	\$7,560,000.00
ELECTRICIDAD	\$ 0.450/Kw-hr	800 Kw-hr	\$270.00	\$2,268,000.00	600 Kw-hr	\$270.00	\$2,268,000.00
<u>TOTAL DE COSTOS DIRECTOS</u>				<u>\$246,836,515.01</u>			<u>\$194,534,629.01</u>
<u>COSTOS INDIRECTOS</u>							
PRESTACIONES				\$8,232,000.00			\$8,232,000.00
LABORATORIO				\$5,644,800.00			\$5,644,800.00
<u>TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS</u>				<u>\$13,876,800.00</u>			<u>\$13,876,800.00</u>
<u>COSTOS FIJOS</u>							
DEPRECIACION	\$33,546.20		\$33,546.20	\$33,546.20		\$33,546.20	\$14,485.69
SEGUROS	\$3,354.62		\$3,354.62	\$3,354.62		\$3,354.62	\$3,354.62
<u>TOTAL DE COSTOS FIJOS</u>				<u>\$36,900.82</u>			<u>\$17,840.31</u>
<u>TOTAL DE COSTOS DE MANUFACTURA</u>							
				<u>\$260,750,215.83</u>			<u>\$208,429,269.32</u>
<u>GASTOS DE ADMINISTRACION</u>							
<u>GASTOS DE VENTAS</u>							
				\$13,037,510.79			\$10,421,463.47
				\$39,112,532.37			\$31,264,390.40
				<u>\$52,150,043.17</u>			<u>\$41,685,853.86</u>
<u>COSTOS DE PRODUCCION</u>							
(POR TONELADA)				<u>\$22,418.68</u>			<u>\$9,925.20</u>

Tabla 17. Total de los costos anuales de manufactura de los productos

3.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Los datos que usaremos en la evaluación serán los siguientes:

Precio de venta de los productos: \$ 12,407.66

Disminución de los costos: \$ 37'181,928.00/año

Inversión fija requerida: \$ 335,462.00

En el caso de las ventas, éstas equivaldrán a colocar en el mercado el total de los productos, para una mayor claridad de esto, se presenta a continuación el estado de resultados para el año n, mismo que será constante por un período de 10 años, que es el tiempo de vida de este proyecto.

Tabla 18. Estado de resultados que genera la modificación a la planta

<u>Estado de resultados</u>	
Ventas totales	\$312,673,006.88
Costo de productos	\$208,448,671.25
Utilidad bruta	<u>\$104,224,335.63</u>
Gastos indirectos de fabricación	\$13,876,800.00
Gastos de administración	\$10,422,433.56
Gastos de ventas	\$31,267,300.69
Depreciación	\$33,546.20
Utilidad de la operación	\$48,624,255.18
Gastos financieros	\$0.00
Utilidad neta antes de impuesto	<u>\$48,624,255.18</u>
Impuesto sobre la renta	\$15,565,861.02
Reparto de utilidades	\$4,864,331.57
Utilidad neta después de impuestos	<u>\$28,194,062.59</u>

Fuente: Con información obtenida de los cálculos del balance de masa para el proceso.

Tabla 19. Flujo de efectivo que genera la modificación a la planta

<u>Flujo de efectivo</u>	
Utilidad neta después de impuestos	\$28,194,062.59
Depreciación	\$33,546.20
Capital de trabajo	\$0.00
Flujo de efectivo de operación	<u>\$28,227,608.79</u>
Ingresos no operativos	\$0.00
Egresos no operativos	\$0.00
Flujo neto total	<u>\$28,194,062.59</u>

Fuente: Con información obtenida de la tabla 17.

Como nuestro proyecto es una renovación, una primera aproximación para comparar la viabilidad económica de la propuesta de modificación es mostrar que la anualidad de la inversión puede pagarse con los ahorros en materias primas - fibra nueva, principalmente - que se tengan como consecuencia de modificarse el proceso, esto se hace calculando ahora el reembolso por anualidad constante, es decir sobre saldos insolutos (Escobar,2000), misma que se toma como un gasto financiero y es deducible de la ganancia antes de impuestos, conservando una depreciación lineal. En este caso El capital invertido será recuperable hasta el final de la vida útil. Para calcular la anualidad correspondiente, tenemos la siguiente fórmula:

$$A = I \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1};$$

En este caso, la tasa de interés que se usará será la vigente (Noviembre,2004) para el CETE a 28 días, misma que corresponde al 8.20 %; sustituyendo los valores ya conocidos, obtenemos una anualidad total de \$ 29,764.00 el cual es el valor de la anualidad que usaremos para los siguientes cálculos.

Así, podemos proceder a calcular el beneficio actualizado, tomando en cuenta que este debe ser mayor a 0 (cero) para decir que el proyecto es rentable (Escobar,2000) y para lo cual se aplica la siguiente fórmula:

$$B_{act} = -I - f + [(V - D - A)(1 - a) + A] \sum_1^n \frac{1}{(1+i)^p} + \frac{f + I_r}{(1+i)^n}$$

De donde:

V_n = Ventas anuales

D_n = Gastos generados durante el periodo

A_n = Reembolso por anualidad constante

a = Tasa impuesta por la Secretaría de Hacienda para gravar las ganancias obtenidas durante el período (equivalente al 32 % en estos momentos).

f = Capital de trabajo del proyecto

Los valores que necesitamos para realizar los cálculos correspondientes a la evaluación económica del proyecto, se encuentran en las tablas 17 y 18, mismas que nos muestran el estado de resultados y el flujo de efectivo para el proceso propuesto, recordemos entonces que estos datos se consideran constantes en el resto de la evaluación, y también que el capital de trabajo es 0 (cero).

Una vez calculados el flujo de efectivo, podemos calcular el flujo financiero neto esperado.

Para realizar el cálculo del flujo neto se tomaron como bases los puntos antes citados, y dieron por resultado la cantidad de \$308,913.00 lo cual cumple con el criterio:

$MBA > \emptyset$ ya que:

$\$308,913.00 > \emptyset$

Si este monto, lo dividimos entre el valor total de la inversión, se obtiene que tan solo en el primer periodo de evaluación, se recuperan 0.92 veces la inversión total en el primer año, considerándose por esto un proyecto rentable.

Demostrándose con esto que en realidad la inversión que se haría al llevar a cabo la modificación a la planta se recuperaría en su totalidad de los ahorros generados por la sustitución de materias primas en la alimentación del proceso.

Finalmente, el determinar el Valor Presente Neto de una inversión, es otro criterio usado frecuentemente en la evaluación de proyectos (Báez, 2000), recordemos que el valor presente neto es igual al valor de las entradas de caja, menos el valor presente de las salidas de caja, utilizando el costo de capital como tasa de descuento (valor del cete a 28 días (Noviembre, 2004) en nuestro caso) y este método es utilizado para evaluar los proyectos de presupuesto de capital, si el VPN es positivo, el proyecto se debe aceptar. Esto se hace descontando los ingresos que se presenten durante la vigencia de la inversión, para determinar si son iguales o superan la inversión requerida. La tasa que usaremos en este caso, será la correspondiente a 8.20 %. Por facilidad, en el cálculo del Valor Presente Neto, se usó la siguiente fórmula:

$$VPN = A \left(\frac{1}{(1+i)^n} \right)$$

Donde:

A = Anualidad calculada como recuperación (\$ 29,764.00)

I = Tasa de descuento (tasa cete a 28 días: 8.20 %)

n = Número de períodos sujetos a evaluación (n = 1, 2, 3.... 10 años)

Destacaremos que el cálculo del VPN se hace tomando en cuenta a n desde el año 1 hasta el año 10, y el valor de $((1/(1+I)^n))$ puede tomarse de tablas ya tabuladas (Block,2001) o calcularse periodo por periodo y sumándose cada término. Se obtuvo por lo cálculos correspondientes que el VPN de esta inversión es de \$197,929.67, cantidad mayor que 0, razón por la cual el proyecto se considera rentable.

$VPN > 0$, se acepta el proyecto

$$\$197,929.67 > 0$$

Ya realizado este análisis, podemos resumir que los resultados han sido satisfactorios, indicando que, la *modificación* a la planta es *rentable*, permitiéndonos con esto el incrementar la participación de los productos nacionales en el mercado.

No obstante, no hay que perder de vista que en la evaluación se despreciaron algunas condiciones económicas como por ejemplo, el hecho de bajar los precios en el mercado, ya que la recuperación sería más alta al generar una mayor competencia, así concluiremos con la aprobación para que en otra investigación este proyecto sea analizado con mayor detalle, tomando en cuenta el contexto económico global y las variantes de la industria que se presenten para aceptar o rechazar el desarrollo del proyecto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se transcriben a continuación las hipótesis formuladas y sujetas a comprobación:

- 1) *Es posible diseñar y operar una planta de producción de papel cuya alimentación de materias primas sea de 70.5 % de fibra secundaria y 29.5 % de fibras nuevas, siendo al mismo tiempo rentable el proceso en la producción de papel kraft.*

Esta hipótesis sí se cumple ya que por la obtención de datos experimentales extraídos de otro trabajo de investigación - (Peña, 1994) y (Maldonado, 1962) - la calidad del producto terminado no se modifica en ningún caso al trabajar una fábrica de papel kraft con estas alimentaciones.

- 2) *Es posible abatir y establecer un liderazgo en costos en la manufactura de papel kraft a través del uso de fibras secundarias recuperadas de los residuos municipales.*

Esta hipótesis también se cumple, porque como se demuestra en el desarrollo de la evaluación económica el 92% de la inversión necesaria para modificar el proceso durante el primer año de operación de la planta únicamente con el cálculo del MBA (Monto del Beneficio Actualizado); demostrando que la inversión necesaria para modificar la planta se recuperaría en su totalidad de los ahorros generados por la sustitución de materias primas en la alimentación del proceso.

Actualmente el desarrollo sustentable es una de las prioridades de acción a nivel mundial, desafortunadamente en nuestro país aún no se ha tomado totalmente la conciencia de lo que se puede hacer con el reciclado de los residuos municipales. Únicamente en el Distrito Federal se recolectan 11,850 toneladas de residuos municipales diariamente, de los cuales aproximadamente 1,229 toneladas son recursos que podrían aprovecharse en la fabricación de papel utilizándose como fibra secundaria. Hasta el año 2005 se espera la recolección de 3,058 miles de toneladas –en el año- de fibra secundaria, lo cual equivale a cubrir el 43.70 % de la demanda para la producción de papel a nivel nacional, mientras que para el año 2006 se esperan recolectar 3,210 miles de toneladas durante el año, decreciendo el índice de recolección nacional 0.40 % siendo las cifras un indicador de que la población generará una mayor cantidad de residuos municipales y no se incrementará la recolección de los mismos, simplemente los mismos sitios de generación que separen sus residuos hoy serán los que separen sus residuos en el futuro. Como se observó durante el desarrollo de este trabajo, la recuperación de los residuos sólidos municipales la materia prima necesaria para poder llevar a cabo el cambio en las alimentaciones del proceso de producción de papel kraft resulta ser aún un punto de posible explotación que aún no se ha desarrollado plenamente, ya que se podría lograr el reciclado total de toda esta fibra presente en los residuos municipales y contribuir de esta manera a la competitividad de la industria nacional en el mercado de la oferta de cajas de cartón. Para atacar esto, el Gobierno del Distrito Federal ha iniciado una campaña que vuelve obligatoria la separación de los residuos industriales y de los orgánicos, este primer paso, será de relevante importancia para que en un futuro el proyecto sobre el cual se realizó esta investigación sea llevado a cabo sin dificultad alguna, ya que, si la recolección aumenta, habrá más materia prima disponible, y tal vez se genere una disminución en el costo de la misma ya que habrá más oferta de este producto, haciendo aún más competitivos los costos de los productos que se generarían en la planta sujeto de estudio.

Se demostró que en el caso específico, la industria de la Celulosa y del papel necesita ser más competitiva en el mercado nacional, para lograr esto, se hizo la propuesta de la modificación del proceso de una planta que opera eficientemente, pero que presenta altos costos de producción. Para poder disminuir los costos, se hace la propuesta de manipular las alimentaciones de materia prima en una planta típica productora de papel que produce 25,200 toneladas de cajas por año, ya que la relación de alimentación original es de 80% de fibras nuevas, cantidad que equivale al 2,544.13 Kg de celulosa nueva y empleando 668.12 Kg de fibras secundarias, cantidad que equivale al 20% de la alimentación requerida para producir 3,000 Kg de papel kraft por hora. La manipulación de las alimentaciones que se propone con efectos de demostración es el utilizar un 29.5% de fibras nuevas - lo cual equivale a 959.65 Kg por hora - y un 70.5 % de fibras secundarias, cantidad que será de 2,295.06 Kg por hora, utilizando las mismas cantidades de energía y servicios requeridos por el proceso original para producir la misma cantidad de producto terminado - 3,000 Kg por hora de cajas de cartón -, la ventaja que estas modificaciones generarían será principalmente de valor económico, ya que el variar las alimentaciones representaría un ahorro de \$106,234.08 por día, cantidad que anualmente será la de \$ 37'181,928.00.

Después de elaborar los balances de masa tanto para el proceso con las alimentaciones originales, como con las alimentaciones manipuladas, se ha demostrado que es factible el modificar las alimentaciones de materias primas - específicamente, las fibras recuperadas de los residuos municipales - al proceso, sin interferir en la calidad del producto final y estableciendo una mayor competitividad del producto en el mercado nacional. Y dado que la planta se presenta como operativa y eficiente, se recomienda que los equipos no sean modificados en capacidad ni distribución, ya que se consideran de suficiente capacidad para operar con las nuevas cargas, además de que la distribución es idónea tanto en área como localización, porque a pesar de las modificaciones propuestas, la eficiencia del proceso es la misma en el caso de que la planta opere con las alimentaciones de diseño y/o la variación de las alimentaciones que se propone como modificación al proceso. Dado que es posible llevarlo a cabo sin representar ninguna pérdida de valor por modificar la calidad del producto, se concluye que para poder alterar las alimentaciones al proceso, es necesario el modificar únicamente las tuberías que transportan las suspensiones que se manejan de un equipo a otro, siendo esta modificación rentable, ya que representa un costo de \$335,462.00 y existe una recuperación de la inversión en un corto período de tiempo. Para generar las disminuciones de costo antes mencionadas, y que la empresa se posicione en el mercado, se concluye que deben modificarse las tuberías que se indican en las tablas 12, 13 y 14 localizadas en el capítulo 2; las tuberías que deben modificarse son las señaladas en los recuadros de color, estas tuberías oscilan desde diámetros menores de 6 plg hasta las 14 plg de diámetro nominal, cumpliendo con los lineamientos y condiciones mínimas de materiales. Por lo antes expuesto, se recomienda que la modificación sea llevada a cabo. Finalmente, el proyecto se considera técnicamente factible y económicamente rentable para poder llevarse a cabo. Considerándose rentable el alargar la vida de la planta por 10 años.

El proyecto presentado, contribuye a demostrar que sí es posible el abatir los costos en la medida requerida y por fuentes relacionadas con el sector industrial de la celulosa y el papel (Báez, 2004) puedo sostener que la modificación propuesta es aplicable y es posible hasta sustituir totalmente el uso de las materias celulósicas nuevas sin alterarse las capacidades de resistencia de las cajas así producidas, obteniéndose una mayor competitividad dentro del mercado, dejando abierta la posibilidad de desarrollar un proceso que presente una mayor rentabilidad en la producción de cajas y de manera conjunta incrementar la competitividad en precios de la industria nacional contra la manufactura extranjera.

BIBLIOGRAFIA

Block Stanley B. / Hirt Geoffrey A.
Fundamentos de Gerencia Financiera
Colombia, 2001. Biblioteca personal
Editorial McGraw Hill., Novena Edición

Camacho Rea, Irene
Análisis costo-beneficio ambiental de la incineración de
residuos sólidos municipales en la Ciudad de México
México, 2003. Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional Autónoma de México

Foust A.S. / Wenzel I.A.
Principios de operaciones unitarias
México, 1974. Biblioteca personal
Editorial C.E.C.S.A., Sexta Edición

Herrera Barrios, Francisco
Control de un refinador de papel en una planta productora de
papel-cartón
México, 2003. ESIME Zacatenco
Instituto Politécnico Nacional

Libby Clarence, Earl
Ciencia y tecnología sobre pulpa y papel
México, 1980. Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y
papel, Tercera edición

Maldonado Cruz, Teodoro
Proyecto de una planta piloto ara obtener pulpa química
México, 1962. Instituto Politécnico Nacional
Centro de investigaciones CICATA

Perry, Robert H./ Don, Green W.
Manual del Ingeniero Químico. Tomo II
México, 1992. Biblioteca personal
Tercera edición en español

BIBLIOGRAFIA

Peña Aceves, Silvia
Control de Calidad en el proceso de Fabricación de papel y
cartón
México, 1994. Instituto Politécnico Nacional
ESIQIE Zacatenco

Rugiero Viveros, Santiago Fernando
Desarrollo de un sistema automatizado para la estimación de
costos de inversión en plantas de proceso, con base a
métodos modulares
México, 1999. Facultad de Química
Universidad Nacional Autónoma de México

Ruiz de Velasco Padierna, Juan
Diseño y cálculo de una planta para el destintado de papeles
de desperdicio
México, 1958. Instituto Politécnico Nacional
Centro de Investigaciones CICATA

Vigna Martínez, Raúl
Anteproyecto para aumentar la capacidad de producción de
una máquina para elaborar papel
México, 1971. ESIME Zacatenco

Anuario Estadístico de producción e inventario forestal, 2000
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
México, 2002

Estudio de plantaciones forestales comerciales, 1999
Manual de cultivos
Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
México, 2000

Censo mundial de economía y medio ambiente
Organización Mundial de las Naciones Unidas, 2000

Guía para planificar empresas y fábricas de pasta y papel
Organización Mundial de las Naciones Unidas, 2000

MEMORIA DESCRIPTIVA I

DESARROLLO DEL BALANCE DE MASA

Dentro de la descripción del proceso, se presentan las condiciones en las que el mismo se lleva a cabo, en base a estos datos, se obtuvo el balance de masa.

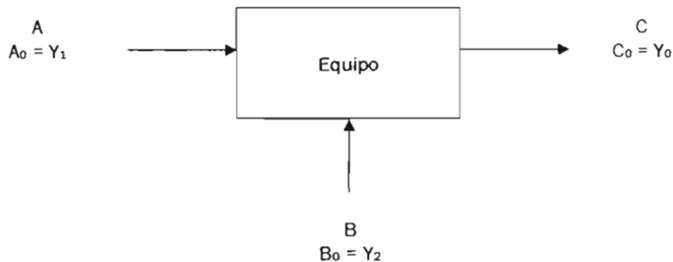
La referencia de modelación del sistema de cálculo reencuentra totalmente explícita dentro de las notas del curso de optimización de procesos (Escobar, 2001) tomando las bases de solución del problema del método de modelación aplicando la ecuación de recurrencia con las siguientes restricciones:

$$0 < X$$

$$Y_0 = Y_1 = Y_2$$

y resolviendo el sistema resultante por el método del pivote para hallar la solución.

Tomando el valor del producto terminado como primer cantidad conocida, se procedió a modelar cada sistema considerándose a este como cada equipo presente en el proceso, junto con sus corrientes de alimentación y de producto y al mismo tiempo tomando en cuenta las concentraciones de sólidos presentes en cada corriente (consistencia). El sistema se modeló en sentido inverso, así las corrientes producto de un sistema anterior, sirvieron para calcular las alimentaciones del siguiente paso del proceso, tenemos así el siguiente diagrama como diagrama general para la mayoría de los casos.



Donde:

C = Corriente conocida

A = Alimentación desconocida

B = Alimentación desconocida

Y_0 = Consistencia conocida, porcentaje de fibras dentro del sistema que se obtienen como producto dentro de la operación.

Y_1 = Consistencia de la corriente A

Y_2 = Consistencia de la corriente B

Es importante mencionar que dentro del proceso existen equipos donde se obtienen más de una corriente como producto, pero en este caso, esto está delimitado porque una de las corrientes de las corrientes producto está en función de las alimentaciones, facilitando esto el cálculo de los valores faltantes.

Quedando la ecuación de acumulación del sistema como sigue:

$$A + B = C \quad (1)$$

Y en el caso de los sólidos suspendidos se obtuvo la siguiente:

$$A Y_1 + B Y_2 = C Y_0 \quad (2)$$

Obteniéndose el modelo siguiente:

Dado que :

$$0 < X$$

$$Y_0 = Y_1 = Y_2$$

Resolver:

$$A + B = C \quad (1)$$

$$A Y_1 + B Y_2 = C Y_0 \quad (2)$$

Obteniéndose el valor de las corrientes de alimentación al resolver el sistema por el método más conveniente. De manera simple, es recomendable usar el método del pivote, o en su caso, se podría resolver el sistema a través de la igualación de ecuaciones o por sustitución y suma - resta para la resolución de ecuaciones de primer grado, todos estos métodos ampliamente conocidos y del dominio general dentro de la ingeniería.

MEMORIA DESCRIPTIVA II

SELECCIÓN DE DIÁMETROS DE TUBERÍAS

Para hacer la selección referida, se tomaron las corrientes que arrojó como resultado el balance de masa para cada sistema y cada caso de aplicación.

Primeramente, corriente es aquel producto o alimentación que se presente en cada uno de los equipos presentes dentro del sistema, mencionaré que dentro de la bibliografía consultada para el desarrollo de este trabajo, hallé la siguiente tabla que muestra la relación que existe entre el diámetro de la tubería usada con el flujo másico transportado (*Maldonado, 1962*).

Tabla 20. Relación de equivalencias de diámetros de tubería vs el flujo másico transportado

TAMAÑO (PULG)	KILOGRAMOS/HORA
6	9,216.00 - 115,200.00
8	18,432.00 - 207,360.00
10	27,648.00 - 345,600.00
12	39,168.00 - 460,800.00
14	55,269.00 - 691,200.00
16	69,120.00 - 921,600.00

Referencia: Centro de Investigaciones Tecnológicas (CICATA). Sección Celulosa y Papel. 1962 Instituto Politécnico Nacional. Escuela Superior de Ingeniería Química

Entonces, de acuerdo a los resultados obtenidos en el balance de masa se determinó el flujo de cada corriente y al obtenerse éstos, se seleccionó el diámetro adecuado que corresponda al flujo másico que transporte dicha tubería.

En las etapas donde no se menciona diámetro alguno corresponde otro tipo de transporte, ya sea banda transportadora, gravedad o algún otro medio, p. e. el rebozo de los recipientes.

MEMORIA DESCRIPTIVA III

CÁLCULOS DE LA EVALUACIÓN DEL PROYECTO

Dentro del curso de Ingeniería de Costos (Ríos,2002) se obtuvieron conocimientos de los criterios usados para realizar estimaciones de costos de acuerdo a los procesos que se manejan en la planta, así nos encontramos con que existen tres sistemas: sólido, sólido - fluido y fluido. Tomaremos los porcentajes para el sistema sólido-fluido ya que nuestro proceso maneja una suspensión.

Las definiciones que tenemos que considerar en la evaluación son las siguientes:

Inversión fija: se adquiere durante la etapa de la instalación de la planta y se utiliza a lo largo de su vida útil.

Se llama **capital de trabajo** a los recursos económicos que utilizan las empresas para atender operaciones de producción, distribución y venta de los productos elaborados.

Dentro de la referencia, en el trabajo "Desarrollo de un sistema automatizado para la estimación de costos de inversión en plantas de proceso" encontramos el modelo modular para la estimación de costos que a continuación se enlista. Aclararé entonces, que para desarrollar los costos y facilitar la comprensión de los cálculos, se establecerá una base de cálculo de \$ 100.00 m.n.

Así, para efectos de demostración por cada \$100.00 de equipos presentes en los costos directos, \$39.00 corresponden a la instalación de los mismos, etcétera. (Ver tabla 21). Obteniéndose finalmente que por cada \$100.00 de equipos, se necesitarán \$487.00 como total de la inversión fija. En la siguiente tabla, se presentan explícitamente cada uno de los costos generados para el desarrollo de un estimado de costos de inversión fija a nivel intermedio de una planta que maneja un proceso sólido - fluido (Rugério, 1999).

Para los demás cálculos de los costos, se siguieron los siguientes criterios:

En el caso de la mano de obra, trabajan 45 operadores con un sueldo promedio de \$100.00/día lo cual representa un costo anual de: \$ 1'485,000.00

Se estiman además 4 supervisores con un sueldo de \$ 230.00 en promedio/día lo cual representa un costo anual de: \$ 303,600.00/año

Para los gastos de mantenimiento se considerará que por cada \$100.00 necesarios para la inversión fija \$30.00 más serán para el mantenimiento incluyen el costo de materiales, mano de obra en mantenimiento de rutina y reparaciones ocasionales en algunos casos además de la revisión de equipo y edificios, mientras que en el caso de las refacciones, por cada \$100.00 necesarios para el mantenimiento, se estimarán que \$15.00 serán los correspondientes a las refacciones. Por ejemplo, si de inversión fija son \$487.00 serán de mantenimiento \$146.10, y de refacciones serán \$21.92.

En el caso de los costos de materias primas y servicios, las tablas que tabulan sus costos se encuentran detalladas en el capítulo correspondiente a la evaluación del proyecto.

Los Costos Indirectos son aquellos que resultan de la manufactura del producto de manera indirecta, y dentro de los cuales se incluyen: Prestaciones (vacaciones, seguro social) y laboratorio. De igual modo, por cada \$100.00 de mano de obra, \$35.00 corresponden a las prestaciones y \$24.00 son de laboratorio, en el caso específico de este trabajo, se consideran \$ 1'788,600.00 de mano de obra serán entonces \$ 626,010.00 de prestaciones y \$429,264.00 de laboratorio, cantidad que incluye la compra e instalación del equipo.

Los Costos Fijos de producción son aquellos cargos sobre la inversión fija y otros gastos permanecen constantes e independientes del nivel de producción de la planta. Dentro de estos costos fijos se incluyen: Depreciación, seguros de equipos.

Dado que la depreciación es lineal, por cada \$100.00 de inversión fija, \$10.00 corresponden a la depreciación del equipo y las instalaciones y \$1.00 a los seguros de equipos e instalaciones.

En el caso de la modificación a la alimentación, los cálculos de los costos son exactamente iguales, modificándose únicamente el valor de las materias primas.

Otro rubro a considerar dentro de los costos de producción, es el de los gastos generales, se denomina con este nombre a los gastos que cubren el costo de las siguientes áreas: Administración, sueldos, honorarios, auditorías y ventas.

Para la administración, sueldos, honorarios y auditorías por cada \$100.00 del costo de manufactura del proceso \$5.00 son considerados como gastos generales y \$15.00 son de costos de ventas.

Tabla 21. Método modular utilizado para determinar los costos de inversión dentro de la evaluación de este proyecto.

Concepto	\$
Costos Directos	
Equipos	100.00
Instalación de equipos	39.00
Instrumentación y control (incluye instalación)	13.00
Tubería (Incluye instalación)	31.00
Eléctrico (Incluye instalación)	10.00
Construcción (Incluye servicios)	29.00
Mejoramiento de patios	10.00
Servicios (Incluye instalación)	55.00
Terreno (Si la compra es requerida)	6.00
Total de costos directos	193.00

Tabla 21. Método modular utilizado para determinar los costos de inversión dentro de la evaluación de este proyecto (continuación).

Concepto	\$
Costos Indirectos	
Ingeniería y supervisión	32.00
Gastos de construcción	34.00
Total de costos indirectos	66.00
Total de costos	359.00
Honorarios del contratista	18.00
Contingencias	36.00
Total de honorarios y contingencias	54.00
Inversión de capital fijo	413.00
Capital de trabajo	74.00
Total de la inversión fija	487.00

POLITICA FORESTAL

Al no existir una regulación de política forestal, es posible el usar los recursos de manera poco racional, sin prever su agotamiento temporal. Para que esto no suceda de manera permanente, se recomienda generar una reglamentación de explotación forestal que evolucione de manera paulatina y constante, tomando en cuenta las necesidades del mercado y aplicándolo de manera específica a las necesidades del país, sin perder de vista la meta final: establecer una política forestal que fomente el desarrollo sustentable. Así al generar las regulaciones necesarias, y manejando adecuadamente el programa a nivel nacional y dando el seguimiento necesario, se podría provocar la aparición de nuevas empresas y la generación de empleos, reafirmando de este modo la directa relación que existe entre la mejora social y económica de la población y de manera proporcional aumentaría la conciencia ambiental.

El Banco Mundial ha puesto al medio ambiente entre los primeros temas dentro de su lista de prioridades. Dentro de su función como institución de desarrollo, la preocupación por el medio ambiente está fundada en la convicción de que el deterioro ecológico tiene importantes consecuencias sobre el potencial de desarrollo de un país, cualquiera que este sea. De hecho, el Informe sobre Desarrollo Mundial del año 2000 (Vargas,2002) fue enteramente dedicado a examinar la relación entre el desarrollo y el medio ambiente. Un medio ambiente más limpio en sí mismo contribuye de manera importante a los mejoramientos del bienestar social, que es la meta del desarrollo.

Además de los efectos directos en el bienestar social, los problemas del medio ambiente pueden entorpecer la productividad y, en consecuencia, el crecimiento económico. No hay duda de que las enfermedades causadas por la contaminación ambiental provocan un descenso en la productividad de los trabajadores. Se discute sobre la incompatibilidad entre el desarrollo y la protección del medio ambiente, es decir, se expresa que la contaminación es un precio que se debe pagar por el progreso económico. El informe sobre Desarrollo Mundial ofrece un reto a este punto de vista. De hecho, se discute que la pobreza, y no el crecimiento económico, es el peor enemigo del medio ambiente.

UNA OPCION PARA LA DEFINICION DE POLITICA FORESTAL, una propuesta que se puede aplicar en México.

Los Programas Forestales Nacionales constituyen un marco general de política forestal para lograr la ordenación sostenible de los bosques, representan un enfoque holístico inter y transectorial que puede interpretarse como consenso entre la comunidad internacional sobre la importancia y los procedimientos para lograr la ordenación sostenible de los bosques, estos planes deberían ejecutarse en el contexto de la situación socioeconómica, cultural, política y ambiental de cada país y deberían integrarse en programas más amplios para el uso sostenible de la tierra. El concepto de estos programas también debe incluir la coordinación del financiamiento en el sector forestal y la promoción de fuentes innovadoras de financiación. Sin embargo, los mecanismos apropiados para la coordinación y el financiamiento aún están en la etapa de prueba y desarrollo y el concepto está hasta hoy aplicado a un número limitado de países.

Los Planes Forestales constituyen un amplio marco de política, para la realización del manejo forestal sostenible, basado en un amplio enfoque intersectorial a todo nivel, incluyendo la

formulación de políticas, estrategias, planes de acción, su ejecución, monitoreo y evaluación. Estos elementos han permanecido enfocados hacia las medidas gubernamentales. El propósito, sin embargo, es el de incluir actores adicionales, para hacer del programa forestal nacional un proceso verdaderamente participativo, con una base amplia para involucrar a todos los sectores de la sociedad. Los elementos de un programa de este tipo deben incluir:

a) Declaración forestal nacional.

Corresponde a la expresión política del compromiso de un país hacia el manejo forestal sostenible relacionado con otros compromisos y obligaciones a nivel internacional. La definición por parte de los países de Manejo Forestal Sustentable es una importante recomendación, ya que está orientada a servir de marco para la elaboración de una política forestal, a su vez es parte de lo que se denomina como Programa Nacional Forestal.

b) Revisión sectorial

Su definición debe servir para posibilitar la comprensión del sector forestal y sus relaciones y enlaces con otros sectores, en el contexto del desarrollo nacional, para identificar temas centrales y prioridades para acciones futuras, dependiendo de la información existente, ésta podría ser una labor mayor o un proceso continuo.

c) Política, reforma legislativa e institucional

Se trata de un proceso intersectorial de formulación política y de desarrollo institucional, para apoyar al manejo forestal sostenible, que se basa en las revisiones sectoriales y en el diálogo con todos los actores, incluyendo la clarificación de sus roles y sus mandatos. Esto incluye el tema de la descentralización, la toma de responsabilidad por las estructuras de los gobiernos regionales y locales. Por ejemplo, mediante la transferencia de responsabilidades para la planificación y la elaboración presupuestaria a niveles locales, el financiamiento descentralizado y la creación de capacidad de gestión a nivel local.

d) Desarrollo estratégico

Consiste en definir estrategias para la ejecución de políticas de manejo forestal sostenible, incluyendo las estrategias financieras que enfocan las funciones y las potenciales del sector público, el sector privado y la inversión nacional e internacional.

e) Plan de acción

Se trata de un paquete de medidas, basadas en la necesidad de evaluación y las prioridades acordadas conjuntamente, definido para un ciclo de planificación nacional, pudiendo ser por ejemplo, planes por cinco años.

f) Programa de inversión

Se priorizan las inversiones del sector público, y los incentivos para el sector privado y no gubernamental, derivados de la estrategia de financiamiento para el manejo forestal sostenible. En este contexto, las asociaciones públicas y/o privadas podrían ser un medio para superar los obstáculos iniciales que confronta la inversión y podrían servir para encausar el potencial financiero del sector privado hacia los objetivos forestales.

g) Programa para la creación de capacidad de gestión

Un programa paralelo para asistir al sector gubernamental y al no-gubernamental en el cumplimiento de sus funciones y mandatos, enfocando específicamente el fortalecimiento de la capacidad a nivel local.

h) Sistema de monitoreo y evaluación

Monitoreo multiestratificado del programa forestal nacional y de los programas forestales descentralizados, para suministrar información continua sobre la ejecución, los impactos y la eficiencia del Plan Nacional de Forestación.

i) Coordinación y mecanismos participativos, incluyendo esquemas para la resolución de conflictos

Coordinación y comunicación efectiva vertical y horizontal, dentro del sector forestal y con otros sectores, a todos los niveles. Aquí se debe incluir la interacción con el nivel internacional, junto con la participación de los órganos y personalidades pertinentes, así como acuerdos y compromisos internacionales y regionales relacionados con el bosque. Esta coordinación y los mecanismos participativos, deben involucrar a todas las partes interesadas, para asegurar los derechos de intervención y la equidad de los procesos y los compromisos de negociación, p. ej. Mediante debates públicos, foros específicos y grupos de consulta. Esto incluye la definición y el desarrollo de acuerdos de cooperación forestal, a nivel nacional e internacional, como instrumento de carácter mandatario para apoyar la formulación y la ejecución de los programas forestales nacionales, en una forma participativa y coordinada. Al adoptar los elementos expuestos, los programas forestales pueden servir como medio para promover, priorizar y coordinar las inversiones públicas y privadas en el manejo forestal sustentable, sin descuidar las necesidades y los intereses de los diferentes actores, el balance entre el interés público y privado, la dinámica económica y el potencial del sector privado y la función reguladora del Estado. La descentralización permite en la práctica el establecimiento de programas forestales provinciales, distritales y hasta comunales, que se ajustan a las exigencias específicas en lo ecológico y socioeconómico, así como a las necesidades y requerimientos de los actores involucrados a estos niveles.

j) Procesos de Criterios e Indicadores de Sustentabilidad

Como parte del desarrollo de mecanismos e instrumentos para la implementación de las orientaciones y recomendaciones de política forestal global contenidas en la Declaración de Principios Forestales de la Agenda XXI, los países agrupados de acuerdo al tipo de bosque que poseen, comenzaron la formulación de criterios e indicadores de sostenibilidad y la identificación de indicadores para monitorear el comportamiento de la actividad forestal de los países con relación a los criterios formulados.

De esta forma, los países latinoamericanos con bosques tropicales se agruparon en el tratado de Tarapoto, en el contexto del Tratado Amazónico, los países del norte de Europa, con bosque boreales se agruparon en el tratado de Helsinki y los países con bosques templados, se agruparon en el tratado de Montreal.

La tendencia en el mundo es hacia la utilización de bienes ambientales como instrumentos de fomento para la conservación de los bosques, bajo la lógica de que las actividades relacionadas a la producción de servicios ambientales genera ingresos, los que sirven para financiar la elaboración de planes de manejo y el costo

de las actividades de intervención silvícola para la ejecución de dichos planes de manejo.

k) Certificación del manejo de bosques y Sello Verde

Por otro lado, como parte de las iniciativas tendientes a la implementación de las orientaciones provenientes de la Declaración de Principios forestales de la agenda XXI, se ha creado un organismo independiente, conformado por científicos de reconocida trayectoria internacional, el que ha definido una serie de criterios e indicadores que se pueden aplicar en la elaboración de planes de manejo, para lograr el manejo forestal sustentable. Esta organización no gubernamental se llama Consejo de Administración Forestal (Forest Stewardship Council (FSC)).

El FSC en consecuencia es la organización más importante en el mundo dedicada a la Certificación Forestal (Sello Verde), el FSC acredita empresas que certifican el manejo de bosque, a través de la aplicación de los criterios e indicadores para constatar el estado del manejo forestal y su Sustentabilidad. Estas empresas certificadoras son contratadas por las empresas forestales propietarias de bosques para la certificación de que el manejo que efectúan a dichos bosques son sustentables. Si la empresa cumple todos los criterios o propone un plan para adecuarse en un plazo determinado con los criterios e indicadores de sostenibilidad del FSC, entonces mediante el informe de la empresa certificadora el FSC otorga un sello verde a los productos provenientes de esos bosques. Este Sello verde es una garantía para los consumidores de los productos que provienen de esos bosques en el sentido de que la extracción de esos productos se hace de manera sustentable y que ese manejo es respaldado por una institución de prestigio internacional. Los criterios e indicadores de sostenibilidad del FSC son monitoreados permanentemente por las mismas empresas, como parte de un plan de mejoras sucesivas.

l) Proyectos "Bosque Modelo" o Política Forestal Local

La importancia crítica de los bosques en lo que respecta al medio ambiente y a su función económica y social ha sido bien documentada, como también lo ha sido el hecho de que los bosques estén desapareciendo a un ritmo alarmante. En este contexto, la noción de bosque modelo evoca imágenes de bosques prístinos y zonas protegidas, a resguardo de la invasión de las personas. Este no es el caso de los bosques modelo, que si tienen que ver con las personas y con la manera en que ellas interactúan con el ecosistema forestal y utilizan sus numerosos recursos-suelo, agua, flora y fauna-. Muchos bosques modelos comprenden zonas protegidas tales como parques y tierras usadas para otros fines de producción, como la agricultura.

Los bosques modelos conciernen a las asociaciones basadas en la comunidad y a las personas que están aprendiendo a tomar decisiones colectivas. Las asociaciones locales tratan de reunir agrupaciones e individuos que aprecian el valor forestal: industrias, grupos ecológicos, asociaciones comunitarias, pueblos indígenas, terratenientes y gobiernos. Trabajando juntos se elabora una visión común de desarrollo y manejo forestal sustentables. Un bosque modelo es por tanto un proceso en el que la comunidad decide como utilizar los bosques y sus recursos de la mejor manera posible para satisfacer sus necesidades.

m) Utilización de las prioridades para la gestión forestal.

Desde el punto de vista de la gestión forestal los avances identificados se pueden dividir en tres grandes grupos a saber:

Un primer grupo que tiene ver con criterios para la gestión forestal, los que se materializan en los criterios definidos por el Forest Stewardship council (FSC), los que son aceptados mundialmente, al nivel que el mercado común europeo ha definido que el único sello verde que ellos reconocen para la comercialización de maderas en sus países es el del FSC. En consecuencia, si las empresas van a certificar el manejo de sus bosques mediante esos criterios, los planes de manejo debieran ajustarse a esos criterios para no tener que hacer un doble trabajo. Una primera conclusión es que *los criterios e indicadores del FSC debieran adecuarse a la realidad de nuestro país y los planes de manejo que controla el estado debieran ser coherentes con la aplicación de dichos criterios*. Entonces, la certificación forestal surge como un importante instrumento de fomento forestal, donde se asegura que el manejo cumple ciertos criterios de Sustentabilidad.

Un segundo grupo de prioridades tiene que ver con la gestión de los bosques, específicamente con que el manejo forestal sustentable asegura, bajo la concepción de que los bosques son ecosistemas, la generación de diversos bienes y servicios ambientales. En consecuencia, desde el punto de vista del manejo forestal sustentable, los bosques no pueden dividirse en tipos de bosques según la cantidad de madera que de ellos se puede extraer, sino que todos los bosques deben ser manejados de tal forma que se asegure a la sociedad que ellos siguen funcionando como ecosistemas, es decir, que los bosques conservan su capacidad de generar un conjunto de bienes y servicios ambientales.

Como resultado del manejo forestal sustentable los propietarios pueden percibir ingresos provenientes de la producción y venta de madera, por la realización o participación en actividades eco turísticas, por la venta de carbono, por la producción de agua la que se puede vender a precio de mercado. Entonces, estamos frente a un conjunto de actividades que son promovidas en el ámbito internacional y que tienen impacto directo en los ingresos prediales, de tal forma que si estas actividades son promovidas por el estado, podríamos estar frente a *un nuevo modelo de fomento forestal, donde el propietario no recibe subsidios a la producción de madera, sino que recibe un pago por manutención y generación de servicios ambientales*. Esta es una forma innovadora de concebir el fomento forestal.

Un tercer grupo de prioridades tiene que ver con la formulación de política forestal, es decir, con la elaboración de Programas Nacionales Forestales, de tal forma que el país pueda llegar primero a una definición de manejo forestal sustentable, para a partir de allí elaborar un diagnóstico que permita elaborar un marco de política forestal para el país, en consecuencia, en la definición de manejo forestal sustentable debieran estar contenidas las prioridades y orientaciones señaladas para asegurar la Sustentabilidad del manejo forestal.

UN EJEMPLO DE APLICACIÓN: La política forestal actual de Chile

Surge en Chile una política ambiental que está en discusión aún después de 17 años de su primera erogación, donde principalmente se diferencian tres especialidades dentro de los bosques nativos, de preservación, de protección y de producción, los cuales de acuerdo a su estado o condición actual pueden ser calificados como de alto potencial productivo, susceptibles de mejoramiento o degradados, explícitamente en el proyecto están consideradas las tres funciones que se han ido evolucionando en esta década en los debates sobre el factor ambiental, productiva y social.

a) Ambiental

Aludiendo al desarrollo de la conciencia mundial sobre la amenaza que en la actualidad se cierne sobre los escasos bosques templados, destaca la abundancia de ecosistemas existentes en los bosques templados chilenos que deben ser protegidos por ser reguladores ambientales. Regulación ambiental que se refiere tanto a la estabilidad climática global como a la protección de los suelos, la regulación de los flujos hídricos y la conservación de especies amenazadas en el país. Al respecto el proyecto busca reforzar en el ámbito forestal la legislación sobre impacto ambiental.

Por otra parte, distinguiendo dos categorías básicas: tipos forestales y formaciones xerofíticas, pretende establecer las normas de sus usos y dar respuesta adecuada a las necesidades ecológicas correspondientes a las zonas áridas y semiáridas.

El proyecto busca evitar el deterioro adicional del bosque nativo y acrecentar la protección de la biodiversidad

b) Productiva

Reconociendo el elevado potencial del bosque nativo chileno, el proyecto busca recrearlo como recurso productivo. Para ello se bonifica la formación de nuevas masas forestales, ordenando las que presentan niveles altos de homogeneidad y homogeneizando en un plazo breve las que presentan heterogeneidad.

Cada propietario de un terreno, conforme al proyecto, puede requerir de CONAF la calificación de un bosque nativo que se encuentre en su propiedad. El manejo y recuperación de este bosque puede ser sometido un régimen de incentivos que bonifique el 75% de los costos de ordenamiento, forestación con especies nativas y manutención de masas boscosas. En caso de que estas actividades sean realizadas por pequeños propietarios, la bonificación sube a 85%. Para obtener estos incentivos se exige un Plan de manejo del bosque elaborado por un ingeniero forestal y aprobado previamente por la CONAF.

c) Social

El ordenamiento de la actividad a través de la implementación de política de transferencia tecnológica y apoyo a los pequeños y medianos propietarios de bosque nativo, adecuadamente incentivados por un cuerpo legal que incorpore las peculiaridades del sector, se estima como la vía más pertinente para estimular el desarrollo social en las zonas donde este recurso es el más cercano a las comunidades.

Por otra parte, se pretende la internalización adecuada en la ley de los fines de aprovechamiento de la producción maderera (rentabilidad privada) y dendroenergéticos (el uso de leña como mecanismo de sobrevivencia para un estrato que se encuentra entre los

más pobres del país) y el lograr *el reconocimiento de la marginalidad rural como principal causa indirecta de la degradación del bosque nativo proponiendo mecanismos especiales tendientes a incorporar a este sector en el manejo sustentable de los bosques.*

d) Instituciones ejecutivas y mecanismos

La responsabilidad principal en la ejecución del proyecto recae sobre la Corporación Nacional Forestal (CONAF)

- a) Determina, a petición del propietario del terreno si el bosque que se encuentra en él reúne las condiciones de clasificación.
- b) Aprueba el plan de manejo sobre él.
- c) Controla su ejecución para lo cual el proyecto prevé la constitución de supervisores forestales, y
- d) Fija anualmente los costos de las actividades bonificables y autoriza el pago de la bonificación.

El proyecto postula también la creación de un Comité Consultivo Forestal que:

- a) Fijará las nóminas de las especies nativas de flora y fauna que se encuentren en las categorías de peligro, vulnerables o raras.
- b) Fijará el repertorio de ambientes naturales escasamente representados en el Censo del estado y
- c) Establecerá los estándares para decidir cuando una formación puede considerarse de alto potencial productivo.

Sobre investigación y capacitación, el proyecto reconoce la carencia de actividades de investigación en ésta área, y para ello propone la creación de un Fondo de Fomento e Investigación Forestal.

Finalmente mencionaré que pese a los esfuerzos de implementar éste programa de manera satisfactoria, han pasado 17 años desde su primera erogación, sin lograr la total aceptación en aquel país. Sin embargo, en México podría aplicarse parcialmente definiéndose en principio los objetivos que deban cumplirse a más corto plazo y en base a esto se haría un plan de trabajo por un período de tiempo no muy largo a manera de plan piloto, pudiéndose posteriormente definirse las metas que deseen lograrse de manera inmediata.