

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**OBTENCION DE PULPA KRAFT A PARTIR DE PAPELES
Y CARTONES DE DESPERDICIO**



EXAMINADO POR
FAC. DE QUIMICA

TESIS MANCOMUNADA

MARIO SERRANO LOPEZ

ALBERTO LOPEZ ESCAMILLA

CARRERA: INGENIERO QUIMICO

AÑO 1985



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

CAPITULO	PAG.
I Antecedentes y objetivo del estudio	
Introducción	1
Objetivo del estudio	4
II Generalidades	
Fuentes generadoras de papel y cartón de desperdicio	5
Generalidades sobre fibras secundarias	12
Pulpeo	14
1) Proceso continuo	16
2) Proceso intermitente	17
3) Condiciones de operación	18
Depuración y limpieza	22
1) Depuración	25
2) Limpieza	30
a) Limpieza a alta consistencia	32
b) Limpieza a baja consistencia	34
Destintado	40
Dispersión mecánica	42
Dispersión química	43
Consideraciones para el destintado	45
Eliminación de las tintas	47
Eliminación por lavado	49

Flotación	51
Blanqueo	55
Objetivos del blanqueo	57
Blanqueo de pulpas de fibras secundarias	58
Blanqueo con hipoclorito	60
a) Control del pH	61
b) Temperatura	63
c) Tiempo de retención	64
d) Consistencia	65
e) Dosificación del reactivo	66
Blanqueo con peróxido	69
a) Química del blanqueo con peróxido	71
b) Consideraciones en el blanqueo con peróxido	75
c) Variables en el blanqueo con peróxido	76
d) Dosificación del peróxido	77
e) Alcalinidad	77
f) Consistencia	78
g) Temperatura	79
h) Tiempo de retención	79
i) Neutralización	80
III Parte Experimental	82
Consideraciones	83
Planteamiento	85
Procedimiento	89

	Desfibramiento de los desperdicios	90
	Depuración	91
	Destintado por lavado	92
	Blanqueo	93
IV	Análisis de resultados	
	Análisis de resultados	96
V	Selección y descripción del proceso	
	Selección del proceso	100
	Descripción del proceso	102
VI	Descripción del equipo principal	
	Descripción del equipo principal	108
	1) Hidrapulper	109
	2) Transportador de banda	110
	3) Limpiador de alta consistencia	110
	4) Depuradores verticales presurizados	111
	5) Tamiz vibratorio	113
	6) Lavador de malla inclinado	114
	7) Espesador inclinado de tornillo	116
	8) Mezclador de reactivos	117
	9) Torres de blanqueo	118
	10) Filtro lavador	119
	11) Limpiadores de baja consistencia	120
	12) Bombas	121

VII	Evaluación económica	
	Consideraciones	124
	Inversión requerida	125
	Costo de fabricación por insumos	127
VIII	Conclusiones	
	Conclusiones	131
IX	Bibliografía	
	Bibliografía	136
	Apendice	
	Glosario	139

CAPITULO I

ANTECEDENTES

Y

OBJETIVO DEL ESTUDIO

INTRODUCCION

Actualmente la Industria de la Celulosa y el Papel, se ve en la -
necesidad de afrontar serios problemas producto de la situación que vi-
ve el país. Entre los más relevantes está sin lugar a duda, la falta de
suficientes fuentes celulósicas nacionales. Esta escasez de materia pri-
ma ha originado entre otros, la cada vez más difícil captación de made-
ra tanto en las concesiones forestales como en el mercado libre.

En consecuencia, existe un déficit en la producción de celulosa a-
nivel nacional.¹ Tal hecho lo demuestran el promedio de importaciones,-
el cual en años recientes ha sido del 21% del total utilizado en la -
fabricación de papel;² y por otro lado, el bajo crecimiento en la produc-
ción de celulosa que fue un 2%, tomando en cuenta que México esta consi-
derado como el mayor productor de celulosa a partir de bagazo de caña.³

Este alto índice de importación y el bajo crecimiento en la produc-
ción de celulosa en nuestro país, fue originado básicamente por haber -
sido más atractivo importar celulosa que invertir en nuevas fábricas o-
proyectos para incrementar la producción.

Desafortunadamente, esta situación se ha acentuado por la actual - falta de divisas, la paridad del peso frente al dolar y la restricción a las importaciones, no obstante de ser la Industria de la Celulosa y el Papel una de las de mayor prioridad. Esto ha originado como consecuencia, el buscar alternativas que ayuden a salvar dichos problemas. Una de estas alternativas es el empleo de fibras secundarias, la cual se torna - día con día mas importante ya que representa en muchos casos un complemento o sustituto de la fibra virgen.

Dentro del relativamente bajo desarrollo que han tenido las fibras- secundarias en nuestro país, se encuentra la utilización de papeles y - cartón de desperdicio que anteriormente habían sido relegados en cierta- medida, únicamente para producir papel corrugado, sacos, etc.

Actualmente se ha y sigue experimentando con estos desperdicios - para aprovechar las fibras recuperadas con otros objetivos. Los resulta

- 1 Resumen de presentación visual Nov. 1982 A.T.C.P. "Estrategias de la industria de pulpa y papel frente a la coyuntura actual" Revista- A.T.C.P. México Ene/Feb. 1983 p.p. 327-362.
- 2 Memorias estadísticas C.N.I.C.P.
- 3 FAO capacidades de pulpa 1980-1985 publicación Mayo 1981.

dos han sido satisfactorios, considerando que algunos de dichos papeles; presentan mediana resistencia a la humedad y contaminantes como latex, hot melts, colorantes y adhesivos, pero teniendo en realidad, un bajo contenido de tintas. Por tal motivo, el principal problema en la utilización de estos papeles de desperdicio, es la eliminación de dichos contaminantes, tornándose aún más importante la depuración y limpieza de las fibras.

Por otro lado, según muestra la experiencia, la recuperación de estas fibras, la cual se origina en una máquina desfibradora o pulper, la energía mecánica en forma de fricción es de gran importancia, junto con una adecuada selección de los reactivos químicos y de las condiciones de operación, tanto en el pulpeo como en las etapas subsecuentes para que finalmente, las fibras recuperadas tengan las características requeridas para su reutilización en la fabricación de papel.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

La finalidad del presente trabajo es la obtención de un sustituto - de pulpa Kraft a partir de papeles y cartón de desperdicio.

Esta investigación, se basa en la necesidad de poder disponer de fi bras recuperadas con propiedades físico-mecánicas y apariencia adecuadas, para la fabricación de varios tipos de papel que anteriormente requerían al menos, un porcentaje de fibra virgen Kraft.

La idea de utilizar fibra recuperada en lugar de fibra virgen, es - con la finalidad de blanquear y utilizar la fibra virgen "ahorrada" en - la fabricación de papeles finos, buscando con ello una mayor rentabilidad.

Para obtener el sustituto en cuestión, se utiliza una mezcla de car tón corrugado con papeles clasificados comercialmente como desperdicio - mixto y merma de la máquina de papel.

Finalmente, el presente estudio contempla la posibilidad de incluir los equipos necesarios para un sistema de obtención de fibras recuperadas con capacidad de 100 Tons/día, dentro de una fábrica de papel, apoyandose en los resultados obtenidos a nivel de laboratorio y experiencias adquiri das en planta piloto.

CAPITULO II

GENERALIDADES

FUENTES GENERADORAS DE PAPEL Y CARTON DE DESPERDICIO

El uso del papel desde su invención, ha tenido una gran importancia dentro del desarrollo integral de la humanidad, ya que a través de él, la cultura, la tecnología, ciencia, disciplinas e ideologías han transmitido sus avances y diferencias. De igual manera el papel no solo atañe al aspecto de difusión científica y cultural, sino también a finalidades de uso comercial como en el caso de bolsas, empaques y publicidad, entre otros.

Consecuentemente, es de esperarse que la demanda de papel para estos fines, así como la generación de sus desperdicios, sea de mayor magnitud en lugares con gran densidad de población y un nivel económico medio-alto. Tal es el hecho que E.U.A. siendo un país altamente comercial, cultural y con gran fuerza económica, exporta el 90%¹ de los desperdicios de papel que genera, siendo México uno de los mayores importadores, principalmente de los desperdicios de papel periódico y cartón, ascendiendo en años recientes al 22% del volumen exportado por E.U.

Este porcentaje de las importaciones, que en los últimos años ha -
prome-

diado el 50% del consumo de desperdicios de papel, lo cual muestra una fuerte dependencia de los E.U. para el suministro de fibras secundarias sobre todo a las fábricas de papel periódico y cartón. Por tal motivo, es una de nuestras principales fuentes de papel y cartón de desperdicio, debido a su cercanía y la facilidad de múltiples medios de transporte.

Con respecto a las fuentes de obtención de los desperdicios de papel dentro de nuestro país, existen entre otras; plantas manufactureras, grandes almacenes, bancos, fábricas y tiraderos de basura.

El desperdicio Kraft por ejemplo, proviene principalmente de: sacos, bolsas, liner, medium y cajas de cartón corrugado.

Los desperdicios de papel de mediana y alta calidad, son captados principalmente en bancos, instituciones, centros de computo e imprentas, los cuales posteriormente son seleccionados en sus diferentes tipografías y calidades.

1 Ronald J. Slim. "Panorama Internacional de los materiales fibrosos" Revista ATCP México Enero/Febrero 1982 p.p. 11-15

Las practicas más comunes de recolección pueden apreciarse en la -
tabla No . 1.

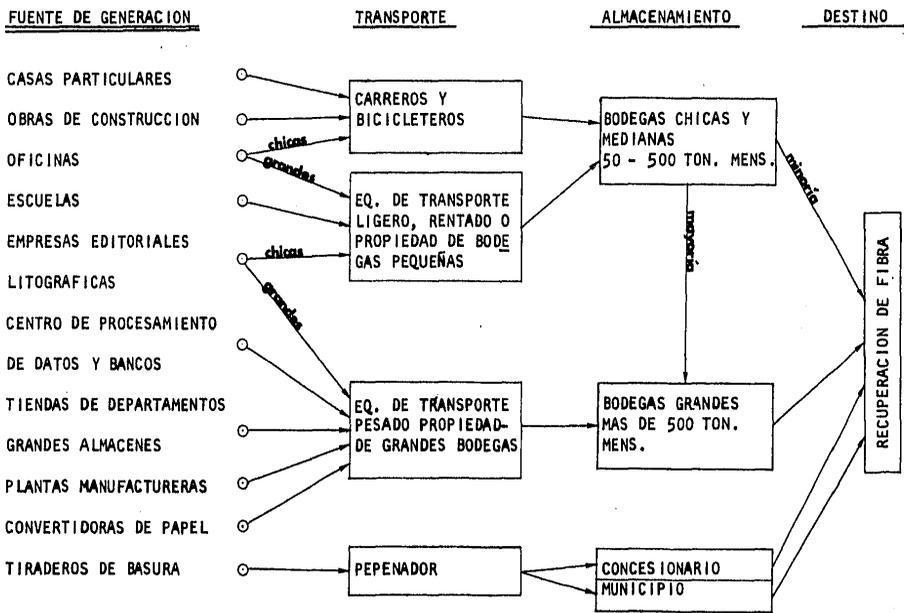
El sistema de transporte en la recolección, va desde los "carreros"
y "bicileteros" que compran en las calles, hasta el equipo de transpor
te pesado, propiedad de las grandes bodegas y fábricas que lo procesan.

Las bodegas pequeñas y medianas, por lo general, cubren una zona -
aledaña a su situación geográfica y algunas de ellas, cuentan con trans
porte ligero para agilizar la recolección. Estas bodegas, venden en su
mayoría los desperdicios captados a las grandes bodegas y el resto di
rectamente al lugar donde será usado.

Las grandes bodegas en su mayoría, cuentan con recursos suficien--
tes para poseer equipo mecánico de empacamiento y transporte, lo cual -
facilita el manejo y traslado de los desperdicios, tanto de las pequeñas
bodegas, como de los grandes centros de generación.

De esta manera, el lapso de recolección y entrega al cliente, se -
hace menor, redituando un pronto reembolso y obtención de ganancias al
proveedor.

TABLA No. 1



Los tiraderos de basura, por lo general, están concesionados. Las personas que los trabajan, hacen la separación de los diferentes desperdicios.

Una vez creado el lote mínimo de papel convenido, lo notifican a la bodega que abastecen y efectúan la venta. Este seguimiento es similar para los demás desperdicios.

Por otro lado, los propietarios tanto de las grandes como de las pequeñas bodegas, generalmente requieren de una gran cantidad de mano de obra para la recolección y clasificación del papel. Es por este motivo, que los desperdicios de mayor calidad y limpieza, los cuales serán usados como sustituto de fibra virgen en la fabricación de papeles de calidad, sean los de mayor valor agregado y más difícil adquisición, sobre todo para el nuevo cliente.

Dentro de la faena de selección de los desperdicios de papel de alta calidad, se generan otras clasificaciones, que no obstante el haber tenido un tiempo invertido, el valor agregado no podrá ser el mismo, pero indudablemente harán costear la inversión de mano de obra, ya que

esta será absorbida, en cierta medida en el costo de venta de estos desperdicios.

Es importante hacer notar, que un alto porcentaje de los desperdicios de papel captados sobre todo por la mayoría de las bodegas pequeñas, no son clasificados. Esto se debe a la gran variedad de tipos de papel que vienen mezclados en la recolección y el seleccionarlos, aumentaría considerablemente el costo y tiempo de venta, lo cual sería poco benefico para estas bodegas debido a que en este medio, el pago se hace generalmente de contado y consecuentemente se requiere un rápido reembolso de la inversión.

La política de no clasificación de los desperdicios de papel, lleva da a cabo por estas bodegas y los remanentes obtenidos en la faena de selección, da origen al desperdicio mixto, consumido en gran parte, sobre todo por fábricas cartoneras.

Por otro lado, los desperdicios de papel nacionales o de importa-ción, recolectados en los diferentes centros o fuentes de generación, son expedidos de acuerdo a su calidad y con nombres comerciales para su-

identificación, siendo entre los mas comunes, los que a continuación se ejemplifican:

Primera Blanca	Bond blanco totalmente limpio y sin impresión.
Forma Continua	Papel de computadora, solicitudes y formas diversas.
Bond de Color	Bond de Color
Archivo Blanco	Papeles de fondo blanco con mediano y alto contenido de impresión.
Archivo Color	Diferentes papeles blancos y de color con mediano y alto contenido de impresión.
Desperdicio Mixto	Cartoncillo, couche, revolución, corrugado, etc.
Cartón de Leche	Cartón de Leche
Tarjeta Tabular	Tarjetas perforadas para programas de computadora y similares.
Periódico	Periódico

2a. Blanca	Papel revolución limpio y libre de Impresión.
Kraft de 1a.	Liner y cartón corrugado proforma - (sin grapas impresión, etc.).
Kraft de 2a.	Cartón corrugado de desecho, bolsas y sacos.

Pueden existir otras clasificaciones en particular, pero estas son negociadas conforme a sus características y volumen demandado entre el proveedor y cliente. Esto, obviamente repercutirá en un costo y tiempo de entrega mayor, los cuales deberán ser cuidadosamente analizados antes de negociar y tomar la decisión.

GENERALIDADES SOBRE FIBRAS SECUNDARIAS

El término fibras secundarias, se refiere a pulpas celulósicas - provenientes del desfibramiento de papeles y cartones de desperdicio, - cuyas fibras recuperadas deberán tener propiedades y características - aceptables para ser usadas nuevamente en la elaboración de papel.

Genéricamente, todos los desperdicios de papel utilizados en la - obtención de fibras secundarias, se considera que tienen contaminantes, los cuales fueron adquiridos al ser mezclados con la fibra empleada durante el proceso de fabricación del papel o a consecuencia de su uso. - Por tal motivo, la calidad y tipo de los desperdicios empleados, aunado a un adecuado y eficiente tratamiento para eliminar dichos contaminantes, influirá radicalmente en la calidad de las fibras recuperadas, las cuales sustituirán o complementarán a la fibra virgen inclusive en la fabricación de papeles finos.

1-7

Actualmente existe una gran variedad de procesos para la obten- - ción y tratamiento de las fibras secundarias. Estos procedimientos inclu- - yen el uso de reactivo químicos que van desde sosa cáustica p. ej., has

ta formulaciones secretas de patente, requiriendo también, la utilización de equipos específicos para eliminar partículas y sustancias contaminantes de las fibras recuperadas. Es importante considerar, que mientras más equipo se requiera, la inversión de capital y consumo de energía será mayor para llegar al nivel de calidad buscado en el producto final.

En términos generales el principio de obtención de fibras secundarias, se basa en el desfibramiento de papeles y cartones de desperdicios en un medio acuoso, estableciendo una relación fibra-agua en forma de suspensión cuyo valor numérico se conoce como consistencia.

A esta acción desfibradora o pulpeo le preceden operaciones subsecuentes como: depuración y limpieza, lavado-destintado y blanqueo, donde la consistencia es cambiada a valores requeridos con el fin de lograr un buen desempeño de las máquinas y una máxima eficiencia en la ejecución de las operaciones mencionadas.

1 Chemical Industry vol. 40 No. 2 1937

2 Aries, Robert S. Revista "Paper Trade Journal", vol. 128, No.6 1949

3 Altieri, A.M. y Wendell, J. W. Jr., "In Deinking of Waste Paper" monografía No. 16, N.York. Tappi, 1956 p.p. 45-47

El desfibramiento en medio acuoso de los desperdicios de cartón y papel, es conocido también con el nombre de pulpeo. Esta operación es -
comunmente el inicio del proceso de obtención de fibras secundarias y en
consecuencia, prácticamente la más importante para poder obtener la ca-
lidad y propiedades requeridas de las fibras recuperadas.

Actualmente existen diversas máquinas desfibradoras o pulpers, las
cuales, a grosso modo, constan de un recipiente abierto, un rotor de agi-
tación, una platina de extracción y un alimentador de los desperdicios.-
Estos tres elementos básicos que constituyen un pulper, pueden diferir en
cuanto a forma y dimensiones, pero buscando siempre un mismo fin en su
diseño. Esto es, evitar el uso excesivo de energía, requerir un menor -
tiempo para el desfibrado pero sobre todo, causar el mínimo daño posible
a las fibras.⁸

El rotor del pulper tiene básicamente dos funciones:

- (1) Provocar una eficiente circulación dentro del recipiente y

4 Beloit Corporation "Deinking" second Ed. Sept. 1979

5 Ruben Melendez Ponce "Sists. de procesamiento de F. Secunds. en alta consist". A.T.C.P. México Feb. 1979.

6 O' Donoghe Roderick Revista "Paper Industry" vol. 22 No. 9 1940

7 Ronald F. Secor Revista ATCP vol. 22 N o.2 Marzo-Junio 1982 p.p. 95-102

8 R.F. Vokes, "Paper M ill News" Mayo 1946 p.p. 30-31

(2) Desmenuzar los desperdicios para facilitar el desfibrado. Ambos efectos ocasionan una constante fricción a los desperdicios alimentados, causando la liberación de las fibras y de sus contaminantes.

La platina de extracción es una placa metálica perforada localizada en la mayoría de los casos, debajo o al lado del rotor. Es en este punto donde se efectúa la acción mecánica más vigorosa para el desfibrado. Por tal motivo, el diámetro y la separación de las perforaciones deberán ser los adecuados para permitir la circulación de la suspensión a través de ella durante el proceso de desfibrado y de extracción. La platina también evita el paso de objetos grandes y material sin desfibrar a las etapas posteriores, resguardando por consiguiente la operación y conservación de los demás equipos así como del rendimiento de los desperdicios utilizados.

Con relación a la forma de alimentar los desperdicios de cartón y papel, puede ser mediante el uso de un transportador, teniendo inclusive báscula de control, estibadores, grúas viajeras y palas mecánicas. El empleo de un transportador, tiene ventaja sobre el uso de las otras má

quinas por alimentar en forma constante y controlada los desperdicios, evitando los cambios bruscos de carga en el motor.

Entre los pulper de uso más común en la actualidad están: el Hidra pulper, Hi-lo pulper, Pulper master, Helico pulper y Fibrepulper. Cada uno de ellos tiene diferencias en cuanto a diseño y operación, siendo - en muchos casos, recomendado uno u otro tipo por el fabricante para el ⁹ desfibrado de algunas clases de desperdicios en particular.

En la actualidad, las practicas más comunes de llevar a cabo la etapa de pulpeo, son en forma continúa o intermitente.

1) PROCESO CONTINUO:

El proceso continuo de pulpeo, es el que puede proporcionar la máxima (velocidad de) producción para un tamaño dado de pulper. No obstante esta ventaja, el control de la operación no es muy preciso debido a que los desperdicios y los insumos son alimentados en forma continúa. Por lo tanto, la eficiencia del desfibrado dependerá de la velocidad de extracción de la pulpa, restringiendo de esta manera el diámetro de las -

perforaciones en la platina de extracción para evitar la salida de los desperdicios que no han sido desfibrados. La velocidad de extracción - deberá ser determinada mediante muestreos continuos de la suspensión, - aunque en realidad, no serán del todo representativos, pero si darán - una idea del grado de desfibramiento.

Por otro lado, el proceso continuo no es muy aconsejable para el desfibrado de desperdicios "difíciles", donde el tiempo de desfibrado y de retención con los aditivos involucrados es apreciable.

2) PROCESO INTERMITENTE:

Definitivamente, este proceso es el que proporciona un mejor control en el desfibramiento de los desperdicios, a cambio de ello, se requerirá una mayor unidad de pulpeo para ser equiparable a la producción de un proceso continuo. No obstante esta desventaja, la eficiencia y tiempo del desfibrado pueden ser evaluados con gran precisión mediante muestreo, ya que en este caso son totalmente representativos.

Por otro lado, la única restricción que existe para determinar el diámetro apropiado de las perforaciones en la platina de extracción, son

partículas indeseables como polietileno, trapos etc..; si este caso no llega a ser un problema, las perforaciones pueden ser bastante mayores que en el proceso continuo, abatiéndose considerablemente el tiempo de extracción.

CONDICIONES DE OPERACION.

Con respecto a las condiciones de operación durante el pulpeo, es importante señalar que estas dependerán del tipo de desperdicios utilizados y aunque en la actualidad existe un gran número de referencias en cuanto a pulpeo y procesamiento de los diferentes desperdicios, siempre será conveniente realizar pruebas en el laboratorio para obtener los resultados deseados, dependiendo del uso que se pretenda dar a las fibras recuperadas.

En relación a lo anterior, durante la etapa de pulpeo, fundamentalmente se pretende lograr al menos uno de los siguientes objetivos:

- 1) Desfibrado de los desperdicios.
- 2) Liberar las fibras de los contaminantes
- 3) Blanqueo

Consecuentemente, la temperatura, consistencia, pH, tiempo de pulpeo y la adición de reactivos químicos son de vital importancia para obtener una pulpa final con las características deseadas. Así, por ejemplo, los papeles que tienen una apreciable resistencia a hidratarse, ¹⁰ requerirán ser pulpeados en pH ácido a consistencias medias y altas temperaturas; por otro lado, los papeles con un alto contenido de tintas, ¹¹ serán pulpeados en medio fuertemente básico, alta consistencia y temperaturas altas. para desperdicios con alto contenido de lignina, se prefiere usar un pH medianamente alcalino, consistencias y temperatura medias. Por lo tanto, una selección adecuada de las variables descritas, no solo dará un menor tiempo para lograr el desfibrado, sino también una mayor facilidad para eliminar los contaminantes de la fibra y en los casos de blanqueo, una buena ganancia en puntos.

El calentamiento en la etapa de pulpeo se hace por medio de vapor-directo, el cual es alimentado através de un cinturón con boquillas de distribución situado en la mayoría de los casos, en la parte baja del-

10 J.C. Barthel, "Paper Trade Journal", 139, No. 12, p.p 12,18-22 - Marzo 1955

11 Maurice Cherbit, Revista ATCP vol. 22, No. 5, Sept/Oct. 1982 p.p. - 210-217.

pulper e incidiendo cerca del rotor.

La consistencia de operación, depende esencialmente del diseño del pulper. En la mayoría de los casos, ésta consistencia es del 5-7 %, pero actualmente existen diseños que permiten operar el pulper en rangos del 15 - 20 % de consistencia, teniendo un buen desempeño para el destintado de papeles fuertemente impresos. Un ejemplo de estos pulpers para alta consistencia son el Hélico pulper y el Fibrepulper.

Por otro lado, el pH dependerá de la consistencia, temperatura y la adición de los reactivos químicos requeridos durante el pulpeo. Esta adición de reactivos como se mencionó con anterioridad, puede ir desde Sosa Cáustica hasta formulaciones secretas, dependiendo del tipo de desperdicios utilizados y las características finales deseadas de las fibras recuperadas.

Mucho se ha escrito con relación al tipo de reactivos recomendados en el procesamiento de los desperdicios, pero en realidad cada necesidad es un caso particular que deberá ser experimentado y solucionado a nivel de laboratorio. Estableciendo las bases y condiciones de operación

para hacer posible su realización a nivel industrial.

Dentro de los procesos de obtención de fibras secundarias, los reactivos de uso más difundido están entre otros: sosa cáustica, hipocloritos, solventes carbonato de sodio, silicato de sodio, peróxido de sodio e hidrógeno, ácidos grasos, detergentes, humectantes, dispersantes, aglutinantes e hidrosulfito de zinc.

DEPURACION Y LIMPIEZA.

En todo proceso de obtención de pulpas, e independientemente de -
cuales sean las características individuales que poseen las fibras que
integran estas pulpas, existe una necesidad o condición que se debe de -
cumplir. Esto es, que las pulpas se encuentren libres, o tengan al menos,
una cantidad no objetable de impurezas que pueden ocasionar una aprecia-
ble disminución de la calidad en apariencia del producto final. Por otro
lado, la eliminación de estos materiales es importante, ya que pueden -
interferir en operaciones posteriores, e inclusive a ocasionar daños en -
los equipos.

Esta necesidad en cuestión, es conocida como limpieza y cada pulpa -
en particular, dependiendo de su aplicación, deberá de tenerla.

La limpieza de la pulpa, es llevada a cabo mediante operaciones de -
"depuración y limpieza" y aunque estas tienen la misma finalidad, el -
principio de ejecución es diferente. Posteriormente, se dará la descrip-
ción básica de estas operaciones.

En el caso de las pulpas obtenidas a partir de papeles y cartones-

de desperdicio, la depuración y limpieza tiene una mayor importancia, ya que a diferencia de las pulpas de fibra virgen, existe una mayor posibilidad de encontrar materiales totalmente ajenos a las fibras.

Por otro lado, como fue mencionado con anterioridad, el proceso de obtención de fibras secundarias ó recuperadas, se inicia con la etapa de desfibramiento de los desperdicios. Al concluir esta operación, la pulpa o suspensión de fibras, es retirada del púlper através de la platina de extracción.

Durante la extracción de la pulpa generada en el desfibrador, la platina de extracción impedirá el paso de objetos extraños y fragmentos de material sin desfibrar, dependiendo por supuesto, del diámetro de las perforaciones en la platina. Por tal motivo, es de práctica común, pasar por etapas de depuración y limpieza el producto de extracción del pulper.

Las impurezas y fragmentos de material sin desfibrar que acompañan a la pulpa al abandonar el desfibrador, son aquellos que lograron pasar através de la platina de extracción y deberán ser eliminados, unos en -

la etapa de depuración y otros en la de limpieza, ya que en etapas posteriores, pueden ocasionar una baja eficiencia en las operaciones donde el interés principal radica en eliminar los contaminantes finamente dispersos o adheridos a las fibras. De igual manera, durante el blanqueo de las fibras, la presencia de impurezas puede ocasionar una demanda innecesaria de reactivos químicos y en consecuencia, una menor eficiencia de esta operación.

Las impurezas y contaminantes a eliminar en los procesos de fibras secundarias son, por lo general, materiales ajenos a la naturaleza de las fibras, variables en forma, tamaño, composición y peso específico.

Este criterio, se basa en el hecho de que todos los desperdicios utilizados, al ser elaborado el papel o cartón del que provienen, al menos en la mayoría de ellos, las fibras que lo constituyen virgen, o recuperadas, pasaron por operaciones de depuración y limpieza. En consecuencia, la cantidad de astillas o "pintas" por este concepto, son pocas en realidad.

No obstante este punto deberá ser tomado en cuenta, para poder llegar a la calidad requerida en la limpieza de la pulpa.

DEPURACION.

El concepto de depuración, se refiere a la eliminación de partículas indeseables contenidas en las pulpas, aprovechando básicamente sus diferencias con relación a las fibras en tamaño, forma y rigidez.

Esta operación, se lleva a cabo mediante el uso de "depuradores". Los depuradores, son máquinas equipadas con placas metálicas perforadas o platinas, las cuales pueden contar con orificios o ranuras, dependiendo del tipo de impurezas a eliminar.

La pulpa a depurar, es alimentada a flujo constante y consistencia controlada al interior del depurador. A continuación, esta alimentación abandonará la máquina como dos flujos diferentes en calidad y consistencia por puntos estratégicamente localizados en el cuerpo del depurador.

El flujo que representa el mayor porcentaje de las fibras alimentadas, es el que logró pasar através de la platina, denominandose como pul

(1) Steve Paraskevas. "Screening philosophy",
Revista Epoca del Papel, Noviembre 1981 p.p. 34-36.

pa depurada o "aceptado". El otro flujo es llamado "rechazo", es una mezcla del complemento de las fibras alimentadas y las impurezas que no logran pasar através de la platina.

En consecuencia, el aceptado estará libre de una gran cantidad de impurezas y solo las muy pequeñas o algunas de las que guardan cierta similitud en forma y tamaño con las fibras, prevalecerán en esta porción de la pulpa. Por otro lado, el vehículo que facilitó el paso del aceptado através de la platina es el agua, de tal manera, que esta se encontrará en mayor cantidad con relación a la alimentación ocasionando por lo tanto, una disminución en la consistencia.

El rechazo del depurador, que en la mayoría de los casos representa hasta el 20% en peso del total alimentado, sufrirá un notable incremento en la cantidad de indeseables presentes, de igual manera, su consistencia habrá aumentado significativamente por haber fluído la mayor parte del agua con el aceptado. No obstante de la acumulación de las impurezas en el rechazo, existe una cantidad considerable de fibras útiles que deberán ser recuperadas. Esta recuperación de fibras, puede ser llevada a

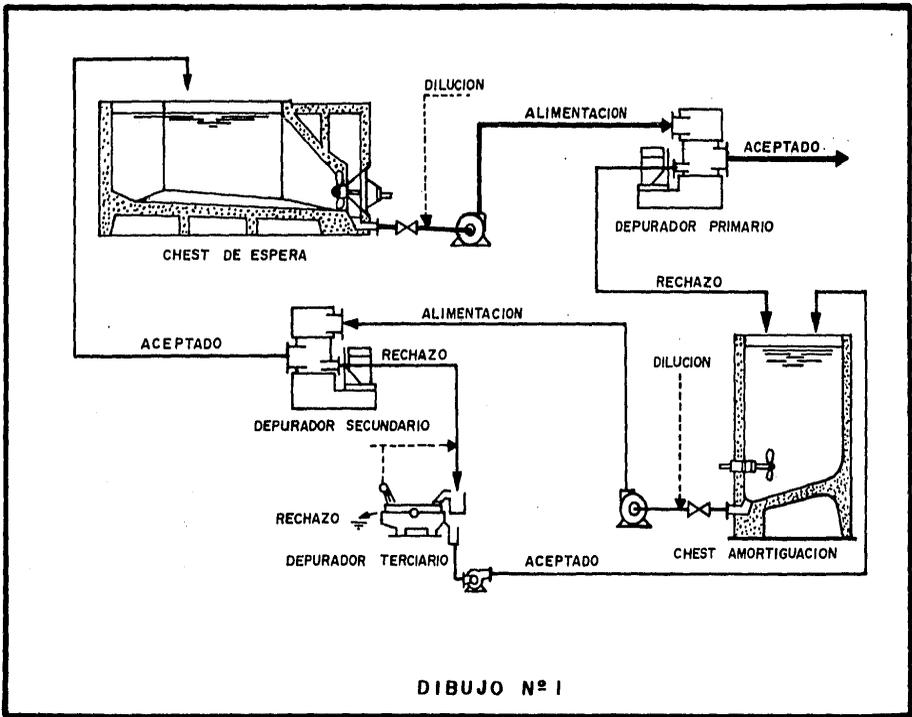
cabo con el uso de más depuradores en serie, es decir, el rechazo del anterior alimentará al siguiente y el aceptado de este último se recicla a la alimentación del anterior este principio, es la base operativa de los "sistemas de depuración" y un arreglo convencional que puede ilustrarlo, se muestra en el dibujo No. 1.

Es de práctica común que el depurador alimentado en primera instancia, se le denomine "primario" y éste sea seguido por un "secundario" y un "terciario" conforme al ejemplo.

El uso de un sistema de depuración que involucra dos o más depuradores, facilita la labor de manejo de los rechazos y la recuperación de las fibras útiles, haciendo también que la depuración sea más selectiva y eficiente.

La cantidad de rechazos liberados, la consistencia de alimentación, temperatura, facilidad de drenado de la pulpa, el tamaño y tipo de perforaciones son las variables que determinarán la selectividad y eficiencia de la operación.

Se puede indicar en pocas palabras, que la selectividad esta abocada



DIBUJO N° 1

a la calidad del aceptado en cuanto a forma, tamaño y rigidez. En cambio la eficiencia no solo contempla lo anterior sino la relación existente - de la fibra útil en el aceptado con respecto a la alimentación.

Tomando en cuenta un depurador, cuya platina tenga las especificaciones deseadas en tamaño y forma de las perforaciones, se podrá comprobar que la selectividad irá en aumento al incrementarse las variables indicadas con anterioridad. Por otro lado, la eficiencia llegará a un máximo y comenzará a decrecer, esto indica que a niveles altos de selectividad, - la eficiencia baja por buscar admitir muy pocas impurezas en el aceptado, sin tomar en cuenta que para ello poca fibra util este presente.

Por este motivo, la mayoría de los depuradores establecen rangos -- operativos del 0.5 - 2% de consistencia, rechazos hasta de un 20% como - máximo para esperar una eficiencia del 70 - 80%.

La selección de la platina, deberá ser hecha cuidadosamente dependiendo del tipo de partículas a eliminar y las características de la pulpa, cuya drenabilidad juega un factor muy importante.

Una selección de la platina con forma de perforaciones inadecuadas o muy grandes, dará como resultado una eficiencia y selectividad bajas.- Por otro lado, si la forma de las perforaciones es adecuada pero muy estrechas, la selectividad es alta, pero la eficiencia será baja al verse disminuida innecesariamente el área libre de la platina, ocasionando que se requiera una unidad mayor para obtener la capacidad deseada.

En la depuración de pulpas provenientes de papeles y cartones de desperdicio, y dependiendo del tipo de máquinas seleccionadas, algunos --
³
 autores sugieren usar platinas con perforaciones de orificios y diámetros en un rango de 0.060" - 0.078". En el caso de cartón corrugado, hasta -
⁴
 0.094" puede ser adecuado.

En las pulpas donde el principal problema radica en la eliminación de latex y polietileno, lo más recomendable es usar platinas con perforaciones de ranuras en un rango de 0.010" - 0.022"^{1,5}.

Actualmente existen en el mercado, un buen número de depuradores en cuanto a tipo y diseño, cada uno de ellos, dará magníficos resultados en cuanto a calidad de la pulpa y beneficios económicos si son bien selec-

cionados, ya que cada pulpa a depurar representa un caso en particular.

Entre los depuradores de uso más difundido, podemos encontrar: depuradores a presión, depuradores centrífugos, depuradores rotatorios y depuradores vibratorios.

LIMPIEZA.

A diferencia de la depuración, donde la eliminación de impurezas se realiza aprovechando la forma, tamaño y rigidez de las partículas, la operación de limpieza, se basa en la diferencia del peso específico de las fibras con relación al de las impurezas.

La combinación de las operaciones de depuración y limpieza, hace posible obtener una mayor calidad en apariencia del producto final, sobre todo en pulpas a partir de papeles y cartones de desperdicio, donde la mayoría de las impurezas presentes difieren en tipo, forma y peso específico.

La presencia de grapas, trapo, vidrio, pintura, resinas, plástico, latex, arena etc., no es posible eliminarlos en su totalidad con la de-

-
- (3) Maurice Cherbit, Revista ATCP Vol. 22, No. 5, Sept/Oct. 1982 p.p. - 210-217.
 - (4) James P. Casey, Pulp and paper, Vol. 1, second ed. p.p. 377 Interscience Publisher Inc., New York, 1966.
 - (5) K. Lindgren, Paper trade Journal, vol. 139, No. 17, Abril 1955 pp 33.

puración, ya que muchas de ellas logran pasar através de la platina. -
Por otro lado, las impurezas abrasivas de peso específico mayor a las
fibras, pueden ocasionar desgaste prematuro y "atascamiento" de los de-
puradores. Estas causas, son el principal motivo por el cual la opera-
ción de limpieza es necesaria en los procesos de obtención de fibras --
secundarias.

La operación de limpieza, es llevada a cabo mediante el uso de --
"limpiadores de pulpa". Estos limpiadores, son cuerpos cónicos con entra-
da tangencial para la pulpa y el principio de operación, se basa en con-
vertir la presión de entrada en velocidad, ocasionando un movimiento -
circular o "vortex". El diseño cónico y la presión de entrada, origina-
la formación de dos zonas de velocidad diferente. La zona de alta velo-
cidad, está localizada en la restricción del cono, haciendo que por di-
ferencia de peso específico, las partículas pesadas desciendan a este -
punto, abandonando el limpiador como "rechazo". En la parte amplia del
cono y de velocidad menor, existe un tubo concéntrico por donde sale -
la pulpa aceptada. Algunos diseños de limpiadores, tienen en la parte -

amplia del cono, una "purga" de ligeros por donde son rechazadas las partículas de baja densidad. En el dibujo No. 2 se ilustra la operación de un limpiador de esta naturaleza.

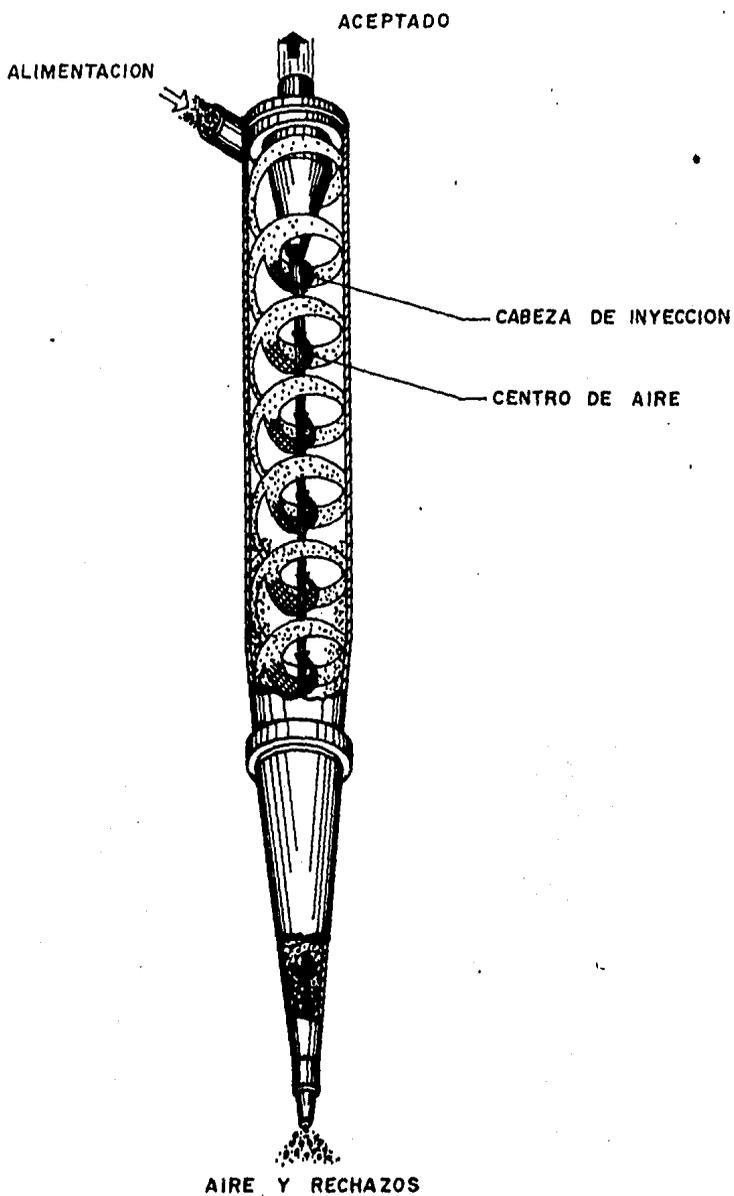
Como ya fue mencionado, la variedad existente de impurezas a eliminar en las pulpas de fibras secundarias, ha originado que la limpieza se lleve a cabo por dos caminos: 1) limpieza a alta consistencia y 2) limpieza a baja consistencia.

1) LIMPIEZA A ALTA CONSISTENCIA.

Esta etapa de limpieza, tiene como finalidad eliminar las impurezas abrasivas y de peso específico mayor al de las fibras. En consecuencia, - esta operación se realiza como paso inmediato al desfibramiento de los desperdicios, una vez que han sido extraídos del pulper.

El buscar eliminar, al menos la mayoría de las partículas pesadas - de origen mineral, evita causar daños por abrasión y obturación a los - equipos utilizados en la etapa de depuración.

Es indudable que aún realizando esta limpieza, algunas impurezas pesadas logren pasar. Pero debido a su forma y tamaño, las impurezas gran



DIBUJO Nº 2

des serán totalmente eliminadas en la depuración; persistiendo únicamente, partículas pequeñas que serán desechadas posteriormente junto con los "ligeros".

6, 7

En la actualidad se puede encontrar en el mercado, una gran variedad de limpiadores de pulpa a alta consistencia (H.D.C.) y aunque su diseño difiere entre sí, el principio de operación y la finalidad son los mismos.

Estas unidades de limpieza, requieren de una presión diferencial - baja, pero sin verse disminuída la fuerza centrífuga necesaria para su operación. Es precisamente en este punto, donde los fabricantes de H.D.C., varían sus diseños para impartir la fuerza centrífuga interna a sus unidades de limpieza. La acción centrífuga, creará un movimiento circular rápido, causando que las impurezas sean proyectadas contra la pared interna del H.D.C. y debido a su alto peso específico, descenderán hasta la parte inferior del cono, donde se encuentra localizada una "cámara de sedimentación" para posteriormente ser eliminadas, mediante válvulas de purga operadas manual o automáticamente.

Por último, es importante hacer notar que los H.D.C., deben ser -
correctamente seleccionados para lograr la capacidad adecuada; de no -
ser así, tenderán a taparse constantemente y perderán eficiencia al per-
mitir el paso de una gran cantidad de impurezas que originarán proble-
mas en las operaciones siguientes.

Como dato complementario, mencionaremos que los H.Đ.C. operan en -
6,7
rangos de:

consistencia	2-6%
presión de entrada	15-45 psi
caída de presión	5-20 psi
capacidad	200-400 GPM.

2) LIMPIEZA A BAJA CONSISTENCIA.

El tipo de limpieza del cual haremos mención, se refiere a la eli-
minación de partículas finas de alto y bajo peso específico.

Esta limpieza, conocida también como "limpieza fina", es llevada a
cabo mediante el uso de "hidrociclones". Los hidrociclones son limpiado

(6) Bird machine company, inc., 50. Walpole Mass. 02071

(7) J.M. Voith GmbH D-7920 Heidenheim.

res de pulpa de diseño cónico y el principio de operación se basa al -
igual que otros limpiadores, en crear un movimiento rápido circular, -
haciendo que las impurezas sean eliminadas por diferencia de peso especí-
fico.

La limpieza fina o ciclónica, se lleva a cabo en un rango de consis-
tencia bajo, comúnmente entre el 0.5 - 1.5 %. El operar en estos valores
de consistencia, se debe a que las fibras tienen un peso específico cer-
cano a 1.0, el mismo que el del agua. Consecuentemente, las fibras no-
estarán sujetas a la misma acción que actúa sobre las impurezas, debido
al efecto ciclónico originado por la presión de entrada al limpiador -
(40-75 psi).

El tipo de impurezas presentes en las pulpas de fibras secundarias-
al llegar a esta etapa, son partículas muy pequeñas que no fue posible-
eliminarlas en otras operaciones de limpieza. Estas impurezas son de dos
tipos: 1) "ligeras" o de peso específico bajo y 2) "pesadas" o de peso -
específico alto.

Las impurezas ligeras, son de tipo orgánico y deberán ser eliminadas
por la parte superior del limpiador. Entre las impurezas más comunes de -

este tipo, podemos encontrar: hot melts, latex, poliuretano etc.

El otro tipo de impurezas, las pesadas, son de origen mineral y serán eliminadas por la parte inferior del cono.

La versatilidad de los hidrociclones para poder eliminar partículas muy pequeñas, es debido a la gran velocidad originada por la entrada -

tangencial del fluido. Esta velocidad, ocasiona que en el interior del-

8

ciclón se presenten tres movimientos: 1) giro tangencial, 2) movimiento radial interno y descendente, 3) un doble "remolino".

El movimiento predominante, es el giro tangencial que genera el vórtice y efectúa la separación de las partículas. El segundo movimiento, transporta la suspensión sobre el eje y hacia el fondo del cono. El movimiento descendente, cesa un poco antes de alcanzar el extremo inferior del cono, debido a la formación de un doble remolino, ocasionado por la caída de presión en la restricción. Acto seguido, y puesto que la suspensión se mueve cerca del eje, el movimiento es recuperado pero ahora en forma ascendente.

La interacción de estos movimientos, es la explicación del porque-

el aceptado y los ligeros, así como los pesados, salen por la parte superior y la parte inferior del limpiador respectivamente.

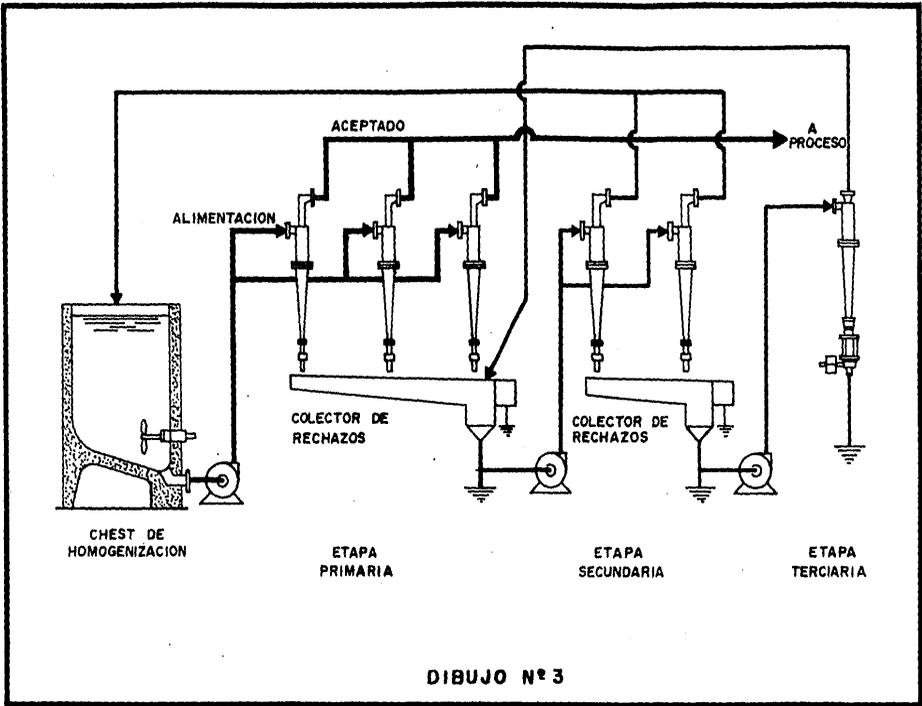
Al igual que la operación de depuración, la limpieza ciclónica se realiza en multietapas, comunmente tres. Esto se debe a que la selectividad y la eficiencia de la operación, depende de la cantidad de rechazos liberados. Puesto que los rechazos llevan una cantidad apreciable de fibras, al menos en la primera etapa, donde la calidad del aceptado debe ser ajustada, estas fibras deberán ser recuperadas.

Comparativamente el rechazo de pesados, lleva una cantidad mayor de fibras con relación al rechazo de ligeros. Ambos rechazos, son alimentados posteriormente como un mismo flujo a la siguiente etapa hasta llegar a la terciaría donde son eliminados finalmente.

El aceptado de la segunda y tercera etapas, son retroalimentados respectivamente a la etapa anterior. El seguimiento descrito se ilustra en el dibujo No. 3.

9, 10

Algunas investigaciones, concluyen que para obtener mejores resul-



tados en la limpieza ciclónica, donde existen en la pulpa partículas muy finas y medianamente grandes como aquéllas que persisten después de la depuración, se aconseja utilizar unidades con diámetros en la parte cilíndrica del limpiador, en un rango de 3" - 6". Esto es con el fin de dar un mayor tiempo de residencia y mayor trayectoria a la suspensión de pulpa, para facilitar la separación de las impurezas.

Por último, es importante mencionar que el agua de dilución tanto en la alimentación como en el rechazo de pesados, se requiere para poder hacer el ajuste "fino" de consistencia en cada etapa según se requiere.

En el caso de la alimentación a la primera etapa, este ajuste de consistencia con la dilución "auxiliar", motivará una mejor operación que se refleja en la calidad del aceptado. La dilución en el rechazo de pesados, les dará una mayor fluidez, evitando la obstrucción de la salida y con ello una mala operación, ya que en este punto, la consistencia tiende a incrementarse.

(9) T.R. Haylor, Paper-Maker, vol. 136 No. 1 p.p. 54-57 Julio 1958
(10) G.H. Tomlinson and M.Tuck, Pulp Paper Mag. Can., vol. 53, No. 12
Noviembre 1962.

En el caso del rechazo de ligeros, por lo general no requiere dilución, ya que la dilución o la consistencia controlada en la alimentación, repercute directamente sobre la consistencia de estos rechazos, que inclusive, pueden actuar como "predilución" al mezclarse con los rechazos pesados, previa alimentación a la siguiente etapa.

DESTINTADO

En la mayoría de los procesos de obtención de fibras secundarias, el destintado es una operación que debe realizarse para lograr una mayor calidad del producto final.

La operación de destintado, se define como la eliminación de tintas y pigmentos contenidos en las pulpas a partir de papeles de desperdicio.

En la actualidad, existen diversas formas y equipos disponibles para llevar a cabo el destintado de las pulpas; pero antecediendo a la eliminación de las tintas, es necesario realizar la dispersión de estos contaminantes para evitar que las partículas de tinta se encuentren fuertemente adheridas a las fibras y poder llevar a cabo el destintado en forma eficaz.

La dispersión de las tintas, se realiza mediante dos efectos: 1) mecánico y 2) químico.

En realidad, los métodos modernos de dispersión, por lo general realizan los dos efectos a la vez durante la etapa del desfibramiento de los desperdicios. Como se mencionó con anterioridad, la adición de reac-

tivos químicos y la fricción impartida a los desperdicios durante el pulpeo, induce la dispersión de las tintas en forma química y mecánica respectivamente.

La adición de los reactivos químicos y las condiciones de operación durante el pulpeo, son un caso particular para cada desperdicio. Estos factores deben ser bien estudiados para hacer una buena selección, ya que de ello depende el obtener buenos resultados tanto en la dispersión de las tintas como en el desfibrado de los desperdicios.

Aunque en la actualidad la mayoría de las tintas son de fácil dispersión¹, existen otras que requieren condiciones muy especiales para lograrla; sobre todo, si los desperdicios a procesar tienen en su totalidad este tipo de tintas, tal es el caso de la impresión "offset" y las copias electroestáticas.

2

La naturaleza de las tintas usadas en las diferentes técnicas de impresión con excepción de las copias electroestáticas, están hechas a base de dos componentes: 1) partículas coloreadas y 2) un vehículo de fijación.

1) Maurice Chebrit "El procedimiento del destintado", revista A.T.C.P., - vol. 22 No. 5, Sept/Oct. 1982 p.p. 210-217.

Las partículas coloreadas, pueden ser un tinte o un pigmento. Los tintes son partículas coloreadas solubles en el vehículo de fijación y la tinta resultante, tiende a difundirse entre las fibras del papel siendo susceptibles a decolorarse con la luz solar y la acción de agentes químicos. Por otro lado, los pigmentos son partículas no solubles en el vehículo de fijación; son de color estable y con tendencia a adherirse sobre las fibras.

En el caso de los vehículos de fijación utilizados en la preparación de las tintas, se puede decir que son muy numerosos y cada uno de ellos, presenta propiedades y características particulares; como ejemplo, se pueden citar el aceite de linaza, nujol, aceite de soya y otros. En general los vehículos de las tintas son: aceites vegetales y minerales, resinas, plásticos y solventes.

DISPERSION MECANICA

En la obtención de fibras secundarias, las fibras y tintas contenidas en los desperdicios están sujetas a una constante fricción, no solo

2) Robert W. Bassemmer, "Naturaleza química de las tintas de impresión y el destintado", trabajo expuesto en 22a reunión anual TAPPI, marzo 1978, Kal. Mich.

durante el desfibramiento de los desperdicios, sino también en los chest-de homogenización, bombeo de la pulpa, depuración, y en general; en toda ocasión que la pulpa esté en movimiento. Esta fricción impartida a la pulpa, origina que parte de las tintas adheridas a las fibras sean "desprendidas" quedando dispersas en la fase acuosa de la suspensión. Sin embargo, la parte de las tintas que persiste sobre las fibras, debe ser removida y la acción mecánica no es suficiente para lograrlo, ya que muchos vehículos de fijación no son solubles en el agua. Por tal motivo, la dispersión mecánica de las tintas, se complementa con una dispersión química que se lleva a cabo durante el desfibramiento de los desperdicios.

DISPERSION QUIMICA.

El objetivo de la dispersión química, es inhibir el vehículo de fijación de las tintas; favoreciendo con ello, que las partículas en forma individual de los pigmentos sean removidas de las fibras, quedando dispersas en la fase acuosa de la pulpa para facilitar su eliminación.

La dispersión química se torna más importante en tanto más difícil es dispersar las tintas; tal es el caso de la impresión offset o en desper-

dicios con un gran contenido de tintas que son hechas a base de pigmentos.

En el caso de los tintes, una gran mayoría no presenta problemas para eliminarlos, ya que muchos son solubles en agua y la adición de químicos se aboca preferentemente a decolorarlos; un ejemplo de ellos, son las lacas de fosfo-tungsteno-molibdeno y colorantes de tipo azóico. Otros tintes en cambio; el papel que los porta, es considerado indestructible por su gran resistencia a la óxido-reducción; tal es el caso del anaranjado y amarillo de estilbena y el verde phtalocianino.

Debido a las diferentes tintas que pueden estar presentes, la efectividad de la dispersión química es muy variable y los factores que más influyen en este aspecto son: el tipo de desperdicios disponibles, el tipo y cantidad de químicos usados en la dispersión, temperatura y pH de operación.

La adición de químicos debe contemplar no solo el dispersar las tintas, sino también que las partículas individuales de tinta no se reaglomeren o redepositen en las fibras. Esto último es de gran importancia -

(3) James P. Casey, Pulp and paper, vol. 1, second ed., p.p. 382, Intercience publisher, Inc., New York 1966.

para la eliminación de las tintas, ya que de ello depende tener buenos resultados en las operaciones que posteriormente se llevan a cabo con este fin: el lavado o la flotación.

CONSIDERACIONES PARA EL DESTINTADO.

Como se indicó previamente, la dispersión de las tintas se efectúa mecánica y químicamente a la vez. La inhibición del vehículo de fijación de las tintas; por lo general, se lleva a cabo en medio alcalino y el pH de operación fluctúa en un rango de 9-12, dependiendo del tipo de papel y tintas contenidas en los desperdicios. El motivo de operar en un pH alcalino durante la dispersión de las tintas, es con el fin de lograr que tanto el vehículo de fijación como los encolantes del papel saponifiquen, causando que las partículas coloreadas sean removidas de las fibras, debido al efecto detergente originado por los productos de la saponificación.

Entre los químicos más usuales para inducir el pH alcalino y por ende la saponificación, podemos encontrar: la sosa cáustica, silicato de sodio, carbonato de sodio, hipocloritos y peróxidos. Estos últimos son usados --

también con el fin de lograr una ganancia en blancura de la pulpa durante la dispersión.

La cantidad de álcali requerido para el destintado, depende también de la temperatura, consistencia y tiempo de residencia durante el pulpeo. El álcali seleccionado y la cantidad a dosificar, deben ser hechas en base a pruebas de laboratorio que ayuden a evitar un exceso innecesario en la dosificación, ya que algunos estudios han confirmado que el consumo de álcali en el destintado de papeles blancos, es del orden del 0.25-1.0% sobre el peso de los desperdicios y una cantidad mayor a la requerida, solo será para "asegurar" la saponificación de los encolantes del papel usado. Sin embargo, algunas tintas requieren la adición de solventes para remover el vehículo de fijación; tal es el caso de las resinas sintéticas, plastificantes y aceites minerales que no es factible removerlos únicamente con el álcali.

En la mayoría de las formulaciones empleadas en el destintado, la sosa cáustica es el reactivo más común, pero el uso de este álcali, está restringido a los desperdicios con un alto contenido de ligninas como es-

el caso del cartón corrugado y de la pasta mecánica, ya que la adición - de sosa cáustica durante el pulpeo de estos papeles, origina un fuerte - oscurecimiento. En estos casos, el uso de silicato de sodio, peróxidos o hipocloritos dan mejores resultados, además de elevar la blancura de la pulpa resultante.

Actualmente, se puede disponer de una amplia variedad de referencias sobre diversos dispersantes, humectantes, surfactantes y demás reactivos utilizados en el destintado como se muestra en la tabla No.2; pero en -- realidad, cada desperdicio o mezcla de desperdicios de papel utilizados, no deja de ser un caso particular que debe ser cuidadosamente estudiado-- mediante experiencias de laboratorio para poder obtener los resultados - deseados a nivel industrial.

ELIMINACION DE LAS TINTAS.

Una vez que las tintas han sido dispersas en la suspensión de pulpa, el siguiente paso es eliminarlas; para ello, existen dos formas de llevar lo a cabo: el lavado y la flotación. Sin embargo, en algunos casos es conve

(4) P. Bayle and Nadelman, Paper Trade J., vol. 125, No. 2, julio 1967.

TABLA No. 2
 REPRESENTACION DE FORMULAS USADAS EN EL DESTINTADO:

% REACT/PAPEL		LEDGER
Fábrica 1	2 %	Sosa cáustica
Fábrica 2	5 %	Sosa cáustica
Fábrica 3	3.5 %	Sosa cáustica; 4.5 % carbonato de sodio
Fábrica 4	1.5 %	Sosa cáustica; 1.5 % metasilicato de sodio
Fábrica 5	2.5 %	Sosa; 2.5 % soda ASH; 3 % silicato de sodio; jabón TX
Fábrica 6	2 %	Sosa; 0.25 % silicato de sodio; 2 % Nacconol
Fábrica 7	4 %	Sosa; 0.1 % Nacconol NR; 0.1 % Keroseno; 0.1 % blanco
LIBROS Y REVISTAS		
Fábrica 8	2 %	Sosa
Fábrica 9	4 %	Sosa
Fábrica 10	3.5 %	Sosa; 4.5 % soda ASH
Fábrica 11	1.5 %	Peróxido de sodio; 6 % silicato de sodio
Fábrica 12	2.5 %	Sosa; 2.5 % soda ASH; 1.5 % peróxido; 3% silicato; jabón TX
PAPEL PERIODICO		
Fábrica 13	2 %	Peróxido de sodio; kreenon
Fábrica 14	1.5 %	Peróxido de sodio; 5.5. % silicato de sodio
Fábrica 15	2 %	Peróxido de sodio; 3 % silicato de sodio; jabón TX
Fábrica 16		Sosa cáustica y soda ASH

FUENTE: REPORTE T.A.P.P.I. No. 394

niente utilizar los dos métodos de eliminación de las tintas, ⁵ para obtener buenos resultados en la apariencia final de la pulpa, esto es debido a los diferentes tipos y gran cantidad de tintas contenidas en los desperdicios utilizados en estos casos.

Comparativamente, los dos métodos guardan ventajas y desventajas entre sí, desde el punto de vista económico, de eficiencia, control del proceso y áreas de instalación requeridas; pero en realidad, el uso de uno u otro método para eliminar las tintas, dará buenos resultados si su aplicación es adecuada al tipo de desperdicios utilizados, que dan origen a la pulpa que va a ser destintada.

Como ejemplo de lo anterior, la tabla No. 3 muestra la comparación del lavado y la flotación, en los aspectos más relevantes involucrados en la eliminación de las tintas. Cabe hacer mención que la tabla indicada, se refiere en forma general a los resultados obtenidos como promedio de los desperdicios más usuales en la obtención de fibras secundarias que requieren el destintado.

(5) Ronald Pete Cruea "Deinking: laboratorg evaluations" Black Clawson Co., Midd. Ohio.

TABLA No. 3
COMPARACION DEL LAVADO Y FLOTACION

	LAVADO	FLOTACION
OPERACION DEL PROCESO		
Control	Mayor	Menor
Estabilidad	Mayor	Menor
Consumo de agua	Alto a baja consistencia Bajo a alta consistencia	Bajo a baja consistencia Alto a alta consistencia
Rendimiento	Menor	Mayor
Consumo de químicos	Bajo	Alto
Area de instalación	Menor	Mayor
CALIDAD DE LA PULPA		
Brillantez	Mayor	Menor
Drenabilidad	Mayor	Menor
Eliminación de finos	Si	No
Opacidad	Menor	Mayor
PRODUCCION DE PAPEL		
Velocidad de drenado	Mayor	Menor
Porción de finos	Controlada	No controlada
Obturation del fieltro	No	Si
Formación	Mayor	Menor

FUENTE: Beloit Co., Jones División
Dalton, Massachusetts 01226.

ELIMINACION POR LAVADO.

La eliminación de las tintas por lavado, es una operación totalmente mecánica, que no requiere la adición de químicos ⁶ durante su ejecución. -

El principio de operación se basa en la remoción de las partículas de tinta por desplazamiento hidráulico, el cual puede lograrse básicamente de - dos formas: 1) una dilución, seguida por el "exprimido" de la pulpa y 2)- el lavado a contracorriente de la pulpa mediante regaderas a presión sobre una malla fija o móvil.

Con el lavado de la pulpa, no solo se logra la eliminación de la tinta, sino también de partículas finas como el caolín; las cuales no son eli⁶minadas en un proceso de flotación.

El rendimiento de las pulpas sometidas a la eliminación de tintas por lavado, da como resultado un rendimiento menor que el obtenido en la flotación; esto se debe, a la eliminación de finos que no contempla la flotación, pero por otro lado, los resultados son mejores en cuanto a brillantez, drenabilidad de la pulpa y cantidad de tintas eliminadas.

(6) Robert G. Horacek "Principles of deink washing" Beloit Co., Jones División.

El lavado, ofrece un amplio rango de operación en cuanto a consistencias de alimentación y descarga, dependiendo del tipo de máquina usada en la operación. Es importante considerar en la selección del equipo de lavado, las características de la pulpa y contenido de tintas, ya que de ello depende, el requerir una menor cantidad de agua y de la potencia instalada para abatir costos de operación.

Dentro de los equipos más usuales para la eliminación de tintas y finos por lavado; podemos mencionar las prensas horizontales y espesadores de tornillo, los cuales operan por dilución - exprimido. Por otro lado, los que operan a contracorriente sobre malla y agua a presión, podemos citar a los lavadores inclinados, los lavadores de discos y los espesadores de tambor (decker). Cada uno de los equipos mencionados, ofrece características particulares de operación y equipos complementarios, pero su efectividad es muy similar. La tabla No. 4, ejemplifica algunos de los aspectos más importantes en el desempeño de varios equipos de lavado para el destintado de papel periódico.

Es indudable que para desperdicios con un contenido menor de tintas-

TABLA No. 4

COMPARACION DE ELIMINACION DE TINTAS POR LAVADO CON DIFERENTES EQUIPOS

LAVADOR	CONSISTENCIA (%)		FACTOR DE DILUCION	ELIMINACION TEORICA DE TINTAS (%)		
	ENTRADA	SALIDA		UNA ETAPA	DOS ETAPAS	TRES ETAPAS
LAVADOR DE MALLA INCLINADO	0.8	3.0	75	74.0	93.2	98.2
DECKER	0.9	5.0	74	82.7	97.0	99.5
EXTRACTOR INCLINADO DE TORNILLO	3.0	12.0	20	77.3	94.8	98.8
PRENSA HORIZONTAL	4.0	28.0	17.5	89.3	98.9	99.9

FUENTE: Beloit Co., Jones división

Dalton, Massachusetts 01226.

y diferente drenabilidad, tanto la eficiencia como la cantidad de agua - requerida, variará en forma significativa para cada caso en particular.

Finalmente, es necesario mencionar que en las operaciones de eliminación de tintas por lavado, el agua utilizada es manejada en circuito - cerrado ya que los efluentes de lavado son captados y tratados para su - reutilización, abatiendo de esta forma el consumo de agua limpia (make-up), únicamente a la indispensable para disponer del volúmen total de operación.

FLOTACION.

La operación de flotación, consiste en eliminar las partículas de tinta por medio de espumas que son producidas en las "celdas o células" de - flotación. Aunque la forma de las celdas varía dependiendo del fabricante, el principio común de operación, consiste en aerear la suspensión de fibras que es alimentada a baja consistencia (0.8 - 1.0%), al interior de - la celda a través de restricciones que "inyectan" la suspensión en forma - tangencial, impartiendo al flujo un movimiento circular ascendente.

La suspensión de fibras que se introduce a la celda de flotación, en algunos casos (dependiendo del diseño) succiona aire atmosférico al fluir

através de las restricciones debido a que se crea un efecto de venturi; en otros diseños, se incorpora aire a presión a la suspensión de fibras en el momento de pasar por los inyectores de alimentación. La aereación de la pulpa y la velocidad de entrada causada por los inyectores, originan la presencia de pequeñas burbujas de aire que al interaccionar con los ácidos grasos y detergentes previamente adicionados, provocan la formación de espuma. Puesto que las partículas de tinta presentan una mayor tensión superficial y menor gravedad específica que las fibras, quedan adheridas a las burbujas de espuma que las transporta a la parte superior de la célula de flotación, en donde son eliminadas por medio de rastras o sopladores; la parte aceptada, es descargada por el fondo del recipiente y alimentada en forma secuencial a otras celdas hasta obtener la mayor eliminación posible de las tintas.

Las espumas que se remueven en cada una de las celdas en la secuencia principal o "celdas primarias", llevan una cierta cantidad de fibras que es necesario recuperar para disminuir el porcentaje de pérdidas; para este fin, se utilizan otro número de celdas denominadas "secundarias", que ope-

através de las restricciones debido a que se crea un efecto de venturi;- en otros diseños, se incorpora aire a presión a la suspensión de fibras- en el momento de pasar por los inyectores de alimentación. La aereación- de la pulpa y la velocidad de entrada causada por los inyectores, origi- nan la presencia de pequeñas burbujas de aire que al interactuar - con los ácidos grasos y detergentes previamente adicionados, provocan la formación de espuma. Puesto que las partículas de tinta presentan una ma- yor tensión superficial y menor gravedad específica que las fibras, que- dan adheridas a las burbujas de espuma que las transporta a la parte su- perior de la célula de flotación, en donde son eliminadas por medio de - rastras o sopladores; la parte aceptada, es descargada por el fondo del - recipiente y alimentada en forma secuencial a otras celdas hasta obtener la mayor eliminación posible de las tintas.

Las espumas que se remueven en cada una de las celdas en la secuencia principal o "celdas primarias", llevan una cierta cantidad de fibras que- es necesario recuperar para disminuir el porcentaje de pérdidas; para este fin, se utilizan otro número de celdas denominadas "secundarias", que ope-

ran con el mismo principio descrito solo que en esta etapa de flotación las espumas son eliminadas definitivamente del sistema.

La práctica común y los sistemas convencionales de flotación, indican que por lo general se requieren de 8 a 10 celdas primarias y de 1 a 3 celdas secundarias para obtener resultados satisfactorios. Algunas referencias comerciales ^{7 y 8} de fabricantes de equipo de esta naturaleza, promueven que las celdas de flotación más usuales con volúmen útil de 3 M^3 por unidad, brindan una capacidad de 1.0 Ton/hr. operando al 1% de consistencia, pero por otro lado, la instalación requiere áreas relativamente grandes y equipos espesadores adecuados para la pulpa aceptada. En la tabla No. 3, se puede apreciar algunos de los aspectos de mayor importancia que se presentan en la flotación.

Comparativamente con la eliminación de tintas por lavado, la flotación requiere una menor cantidad de agua y da un mayor rendimiento de las pulpas; pero por otro lado requiere más aditivos químicos, áreas de instalación más grandes y no elimina los finos como el caolín. Por tal motivo, la flotación no es muy aconsejable para mezclas de desperdicios donde

la mayoría de las tintas son susceptibles a decolorarse durante el desfi-
bramiento de los desperdicios o en el blanqueo de la pulpa obtenida. Sin
embargo, en el caso de desperdicios con un alto contenido de tintas y -
pigmentos, la flotación es el mejor medio de eliminarlas por el bajo con-
sumo de agua que justifica ampliamente los equipos adicionales como son;-
filtros prensa y sistemas de clarifloculación, permitiendo la eliminación
de las tintas en forma de lódos y recuperar los efluentes para su reuti-
lización.

(7) J. M. Voith GmbH . D - 7920 Heidenheim
(8) Bird Machine Co., Inc. S.O. Walpole, Mass. 02071.

BLANQUEO.

Las técnicas que utilizan reactivos químicos para incrementar la blancura o brillantez de las pulpas celulósicas, son conocidas como procesos de blanqueo. En el proceso de blanqueo la calidad en limpieza de las pulpas y las condiciones adecuadas de operación, son factores que influyen directamente en la blancura final de la pulpa e impiden causar daños a las fibras.

La cantidad y tipo de insumos requeridos en el blanqueo, están superditados a factores económicos y necesidades particulares en la blancura de las pulpas, que se requieren en la elaboración de los diferentes tipos de papel. Por otro lado, además de seleccionar los reactivos químicos convenientes, la operación de blanqueo puede requerir de una o varias etapas para lograr el valor de blancura deseado en la pulpa. Se define como etapa de blanqueo, el procedimiento de adición, homogenización y tiempo de residencia que tiene el reactivo con la pulpa, finalizando con el lavado o preparación de la pulpa tratada, para pasar a la siguiente etapa de blanqueo o la operación que le precede.

En la mayoría de los casos, el blanqueo se efectúa en sistemas de 2 a 5 etapas (multietapas), dependiendo del tipo de pulpa a tratar y la blancura final deseada.

Actualmente en nuestro país, los reactivos de uso más difundido en la operación de blanqueo son: los hipocloritos de sodio y calcio, los peróxidos de sodio e hidrógeno, cloro y sosa cáustica. Estos dos últimos reactivos, aunque no son agentes blanqueadores, son de gran importancia sobre todo en el blanqueo de pulpas de fibra virgen, ya que permiten llevar a cabo una adecuada deslignificación y mayor ganancia en blancura. Por otro lado, la sosa cáustica es usada como regulador de pH y dispersante de tintas en el caso de fibras secundarias.

Existen también otros reactivos de gran versatilidad como agentes blanqueadores, pero debido a su alto costo de inversión en equipo y la baja disponibilidad de materia prima en el mercado nacional, ha sido poco atractivo su empleo a escala industrial; entre estos reactivos podemos citar el dióxido de cloro, hidrosulfito de zinc, borohidruro de sodio y ácido peroxiacético.

OBJETIVOS DEL BLANQUEO.

Por lo general, el someter las pulpas celulósicas a la operación de blanqueo, no solo es con el fin de obtener pulpas más blancas y brillantes a la vista, sino que también, evitar que las propiedades físico-mecánicas de las fibras no se vean dañadas con el tratamiento químico al que fueron sometidas.

En otros casos se desea también purificar la pulpa disolviendo el contenido de ligninas, resinas, iones metálicos y evitar la presencia de grupos carbonilo en la celulosa y hemicelulosa, que ocasionan inestabilidad en la blancura de la pulpa, haciendo que ésta se torne amarilla al cabo del tiempo.

Otro objetivo muy importante, el cual no puede ser separado de los demás, es el de llevar a cabo la operación de blanqueo a un costo razonable, con la menor pérdida posible en peso de la pulpa y cumpliendo las especificaciones de blan cura y las propiedades de las fibras para la elaboración del papel.

En realidad, la necesidad de blanquear y la forma de llevar a cabo -

el blanqueo, difiere dependiendo del tipo de pulpa y su utilización. En el caso de las pulpas de fibra virgen, es más rentable llevarlas a niveles altos de blancura para utilizarlas en la fabricación de papeles finos y de alta calidad; mientras que para pulpas de fibras secundarias, la blancura depende en parte del tipo de desperdicios usados, siendo factible obtener blancuras en un amplio rango.

BLANQUEO DE PULPAS DE FIBRAS SECUNDARIAS.

Una vez que las pulpas de fibras secundarias han sido depuradas y destinadas en forma eficiente, existen dos criterios diferentes que determinan el tipo de reactivos y forma de realizar la operación de blanqueo: 1) para pulpas a base de fibras químicas blanqueadas y 2) para pulpas de fibras en las que predominan las pastas mecánicas y semiquímicas.

En el primer caso, si la pulpa obtenida tiene una blancura inferior en 2 ó 3 puntos al papel "base", es necesario aumentarla mediante el tratamiento de blanqueo. En este caso en particular, la blancura buscada puede ser obtenida mediante una etapa de blanqueo utilizando hipocloritos o peróxidos.

Para pulpas cuyo mayor contenido es a base de fibras de pasta mecánica y pulpas semiquímicas, el criterio anterior es aplicable hasta cierto punto, si solo se desea obtener una pulpa con apariencia similar a la del papel soporte. En cambio, si se desea disminuir el contenido de lignina para obtener pulpas más claras y poder emplearlas en la fabricación de papeles de mayor calidad, es evidente que la pulpa deberá ser sometida a varias etapas de blanqueo, con una demanda mayor de reactivos. En estos casos el uso de reactivos como el cloro, peróxido e hipoclorito son los más recomendables para llevar a cabo el blanqueo en dos o tres etapas, con una ganancia de 15 a 20 puntos en blancura. El uso de sosa cáustica, está restringido al blanqueo en pocas etapas debido al oscurecimiento que sufre la pulpa por la lignina presente. Sin embargo, para obtener blancuras arriba de 70 G.E., secuencias del tipo C.E.H.P. (cloro, extracción alcalina, hipo, peróxido) ó C.E.P.P. son usuales.

En general, los principios para el blanqueo de pulpas de fibras secundarias, son básicamente los mismos que se utilizan en las pulpas de fibra virgen y las variables que rigen el control de la operación del

blanqueo en cada una de sus etapas son: el pH, consistencia, temperatura, tiempo de residencia y concentración de reactivos.

Dado que el hipoclorito y el peróxido son los reactivos de uso más difundido y costo accesible, a continuación se exponen en forma general, los aspectos más importantes para llevar a cabo el blanqueo con estos reactivos.

BLANQUEO CON HIPOCLORITO.

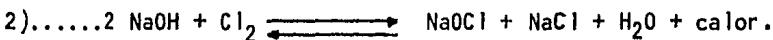
El primer agente de blanqueo utilizado para blanquear pulpa fue el hipoclorito de calcio. El empleo de los hipocloritos de calcio y sodio se ha conservado a través de los años, ya que presenta dos ventajas importantes: (1) bajo costo y (2) mínima degradación de la celulosa en condiciones controladas.

En sus primeras aplicaciones, el hipoclorito se usaba en una sola etapa de blanqueo, pero en aplicaciones recientes se emplea en sistemas de multietapas combinándose por lo general con etapas de cloración y extracción alcalina dependiendo del tipo de pulpas a tratar.

El blanqueo con hipoclorito es fundamentalmente una reacción de --

oxidación, la cual decolora y solubiliza la lignina y tintes presentes en las pulpas. El hipoclorito ataca preferentemente a la lignina y en general a todo colorante de tipo orgánico, pero también reacciona con la celulosa si las condiciones de la reacción no se controlan debidamente.

La preparación del licor de blanqueo, se lleva a cabo mediante la absorción de cloro gas en un medio acuoso alcalino. Las soluciones son preparadas con un exceso de alcali para estabilizar el hipoclorito. La reacción de preparación de los hipocloritos, puede ser representado como sigue:



La rapidez y alcance de la reacción de blanqueo con hipoclorito depende de la naturaleza de la pulpa, pH, temperatura, tiempo de retención, consistencia y concentración del reactivo.

CONTROL DEL pH.

El pH de la pulpa durante el blanqueo con hipoclorito; es determinante en los resultados que pueden ser obtenidos en esta etapa en cuanto a

blancura, estabilidad de la blancura y el evitar daños o degradación de la pulpa. Inicialmente el pH deberá de encontrarse en un valor de 10.5-11.0, dependiendo del contenido de lignina en la pulpa y compensar con ello el abatimiento del pH a valores no inferiores de 8.5 - 9.0.

La caída del pH durante la etapa de blanqueo con hipoclorito, es debido a la reacción que se efectúa con la lignina y compuestos coloreados de la pulpa, provocando la formación de ácidos orgánicos y dióxido de carbono. El desarrollo óptimo de la reacción, se lleva a cabo en el rango de pH antes mencionado impartiendo a la pulpa la mayor blancura alcanzable y sin causar daño a la cadena celulósica. En cambio si la reacción no es controlada y el pH llega a valores de 6.0 - 7.0, el ión hipoclorito pasa a formar ácido hipocloroso el cual ataca las cadenas celulósicas, causando por consiguiente la degradación de la pulpa.

En los casos de pulpas con un alto contenido de ligninas, si la etapa con hipoclorito es hecha como primer paso en la operación de blanqueo, el pH puede llegar a ser tan bajo como 8.0 ya que no se cae en valores.

1) Rasklack H. Quart. Rev. Forest. Products. Lab. Canada Vol. 12, No. 7, Julio 1941.

2) The bleaching of pulp. Monografía TAPPI No. 27, pp. 108, 109.

críticos de pH y se favorece la disminución del tiempo de reacción con la lignina y materia coloreada presentes en la pulpa.

Cuando la etapa de hipoclorito se realiza con pulpas que tienen un bajo contenido de ligninas, la celulosa está más expuesta a un posible ataque si el pH no es debidamente controlado. Es por este motivo que en la mayoría de los procesos comerciales de blanqueo, el control de la alcalinidad del licor de blanqueo es de gran importancia.

TEMPERATURA.

En términos generales, el rango adecuado para llevar a cabo el blanqueo con hipoclorito es de 30 a 60 °C. Algunos estudios han confirmado que en este rango de temperatura, por cada 7°C de incremento, la velocidad de reacción del hipoclorito con la pulpa se duplica y que por arriba de 50°C, la temperatura llega a ser independiente del pH y la consistencia.

La temperatura óptima para blanquear con hipoclorito depende del tipo de pulpa a tratar, blancura deseada y factores económicos en la demanda del medio de calentamiento (vapor). Tocante a este último punto, es más usual llevar a cabo la reacción a alta consistencia, ya que no solo se --

economiza vapor, sino que también se disminuye el tiempo de retención.

Si se usan temperaturas altas fuera del rango normal de operación, - el tiempo de retención baja considerablemente pero se corre el riesgo de - dañar la pulpa. Por otro lado, si la temperatura es muy baja, el tiempo de retención se hace muy prolongado disminuyendo por este motivo la capacidad del sistema.

En la mayoría de los casos, la temperatura de operación, se lleva a - cabo en el valor medio alto del rango normal señalado en un principio; esto es, entre 40 y 60°C aunque hay quienes prefieren operar a 30 y 35°C.

TIEMPO DE RETENCION.

El tiempo de retención está interrelacionado con el pH, temperatura y la concentración de hipoclorito; pero también, es a menudo, una función - del diseño del equipo. Esto es, en los casos donde se tiene el equipo di-- mensionado para cierta capacidad y cualquier incremento en la misma, redunda directamente sobre el abatimiento del tiempo de retención.

En sistemas de blanqueo de multietapas, donde se utilizan por lo gene

3) Rue, J.D., trans. Electrochem. Soc., Vol. 73, No. 137 1938.

ral dos etapas de hipoclorito para lograr blancuras altas; en la primer - etapa, se requieren de 90 a 135 mins. de tiempo de retención debido a que la pulpa consume más rápidamente el reactivo por haber más ligninas presentes. En las etapas finales, el tiempo de retención puede ser de 180 a 240 mins. para altas consistencias y en estos casos, es necesario un control más estricto por ser la pulpa más susceptible al ataque del hipoclorito. A bajas consistencias (6 %), el tiempo se puede extender hasta de - 5 a 8 hrs.

CONSISTENCIA.

La consistencia, como el tiempo de retención, es una función del diseño del equipo. A bajas consistencias, se requieren unidades más grandes, - más tiempo de retención y mayor consumo de vapor para llevar a cabo la -- operación.

Si el blanqueo se realiza en alta consistencia, se requerirán unida- des más pequeñas para dar la capacidad deseada, el tiempo de retención se hace menor y el ahorro de vapor es considerable.

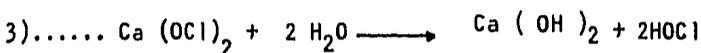
Otro aspecto importante que se presenta en el blanqueo a alta consisg

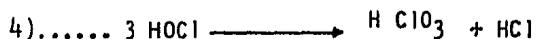
tencia, es el hecho de que el reactivo adicionado tiene un mejor aprovechamiento. Esto se debe, a que la concentración del hipoclorito es mayor en la suspensión de pulpa, debido a que existe una menor cantidad de agua en la mezcla.

DOSIFICACION DEL REACTIVO.

Por lo general, las soluciones de hipoclorito usadas para dosificar el reactivo, contienen alrededor de 30 a 40 g/l. de cloro disponible. El concepto de cloro disponible, se refiere al cloro libre activo que puede proporcionar una mol de hipoclorito para reaccionar con la pulpa.

En la práctica común, se ha podido determinar que de los 71 g de cloro que integran una mol de hipoclorito de calcio, solo 50 g son disponibles (35% del peso mol). Esto se debe; a que la diferencia del cloro reacciona con el exceso de alcali presente, favoreciendo la presencia del ión hipoclorito y evitar que se descomponga en otros productos como se indica a continuación:





La forma de determinar la cantidad de hipoclorito (y demás reactivos oxido-reductores) necesario para eliminar la lignina y materia coloreada - por oxidación, se basa en dos parámetros dimensionales cuyo valor teórico es de gran ayuda para cuantificar los requerimientos del reactivo. Dichos parámetros son: el número de cloro o número de Roe y el número de permanganato.

El número de Roe, predice la demanda de cloro expresada como porcentaje en base al contenido de lignina y materia coloreada presentes en las pulpas. De igual manera el número de permanganato predice la blanqueabilidad de las pulpas, tomando en cuenta el contenido de ligninas o grado de cocción de las pulpas.

Algunos estudios hechos por Keller y Borlew,⁴ muestran que para pulpas de alto rendimiento la interrelación existente entre el No. de Roe y el No. de permanganato, llega a ser más confiable para predecir el porcentaje de lignina existente en las pulpas y por ende el requerimiento de reactivo para eliminarlas al nivel deseado.

Las relaciones existentes de que se hace mención, están representadas por las siguientes igualdades:

$$\% \text{ Lignina} = \text{No. ROE} \times 0.811$$

$$\% \text{ Lignina} = \text{No. KMnO}_4 \times 0.416$$

Ambas igualdades, pueden ser de gran utilidad para evaluar en forma rápida la demanda de cloro y contenido de lignina mediante el No. permanganato, sin necesidad de evaluar en forma experimental el No. de Roe cuya -- determinación es más complicada.

Para el caso de pulpas de fibras secundarias provenientes de cartones a base de pulpas de alto rendimiento, las expresiones indicadas, son una buena medida para predecir su blanqueabilidad y cantidad de reactivo necesario para obtener el valor requerido de blancura. Por el contrario, los desperdicios de papel que contienen fibras químicas blanqueadas, la dosificación del reactivo es con el fin de ajustar la blancura final de la pulpa, mediante la oxidación de las tintas permanentes posteriores al destintado.

4) James P. Rasey, "Pulping and bleaching" Vol. 1 p.p. 460 - 465 Pulp and Paper, second edition 1966, Interscience Pu. New York.

BLANQUEO CON PEROXIDO.

Los peróxidos de sodio e hidrógeno, actualmente están reconocidos como agentes blanqueadores económicos y efectivos. El uso de estos reactivos para blanquear pulpas celulósicas, se remonta a la segunda década del siglo XX y a partir de entonces, ha tenido una amplia difusión en este campo. El blanqueo con peróxido además de ser económicamente atractivo ofrece muchas ventajas, siendo algunas de las más relevantes el lograr una buena ganancia en brillantez de las pulpas, no dañar en forma significativa las propiedades físico-mecánicas de las fibras y dar altos rendimientos.

El alto rendimiento del blanqueo con peróxidos (93- 96%), se debe a que la reacción es selectiva sobre los compuestos coloreados de las pulpas, particularmente la lignina. Algunas investigaciones, indican que el ataque del peróxido sobre la lignina es en los grupos carbonilo e hidroxifenólicos, los cuales constituyen las unidades básicas de la porción cromófora de la lignina causando el decoloramiento y la solubilización de una pequeña parte de la lignina "nativa" en el licor de blanqueo. Este motivo,

hace que el uso de los peróxidos sea particularmente útil en el blanqueo de pulpas de alto rendimiento debido al gran contenido de ligninas (15 - 18 %).

En la obtención de fibras secundarias a partir de cartón corrugado, pasta mecánica o al menos un gran porcentaje de ellos presentes en los desperdicios usados, el uso del peróxido como agente blanqueador permite conservar un rendimiento alto. Por otro lado, si el peróxido se combina con el uso de hipocloritos en sistemas de blanqueo en varias etapas, la calidad de la pulpa final se ve incrementada. Esta práctica, conduce a una purificación y blanqueo de las fibras, dándoles mayor suavidad y drenabilidad sin tener grandes pérdidas en peso si las condiciones de operación son llevadas a cabo correctamente.

Algunas otras ventajas del blanqueo con peróxidos son:

- _ Ganancia en brillantez de hasta 15 o más puntos en una sola etapa
- _ No destruye la lignina por lo que se obtienen altos rendimientos.

5) "The pulping of wood" TAPPI, Vol. 1, p.p. 190-192, Second ed. 1969, Mc. Graw Hill.

- _ Incrementa la absorbencia de la pulpa.
- _ La brillantez es de gran estabilidad.
- _ La pulpa no requiere ser lavada despues del tratamiento.
- _ Mejora la porosidad e impresion del papel.

El blanqueo con peróxido consiste básicamente de cuatro pasos:

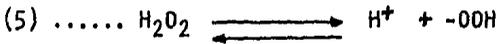
(1) preparación del licor de blanqueo; (2) adición de la solución de blanqueo a la pulpa, mezclando rápida y efectivamente la solución con la pulpa; (3) tiempo de retención suficiente a pH, temperatura y consistencia controlados para que el blanqueo se realice satisfactoriamente, y (4) tratamiento de la pulpa con un agente reductor que neutralice los residuos de peróxido en la pulpa.

Los equipos y accesorios usados en el blanqueo con peróxidos deben ser construídos con acero inoxidable, aluminio o pvc; los tanques y torres de concreto, acero recubierto con hule, pollester o azulejo resistente al medio ácido.

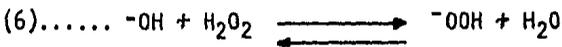
QUIMICA DEL BLANQUEO CON PEROXIDO:

Generalmente se acepta que los mecanismos de activación en el blan-

queo con peróxido de hidrógeno, contemplan la formación del ión perhidroxilo, ^-OOH , el cual se deriva de la ionización del peróxido de hidrógeno en medio alcalino como se muestra a continuación:



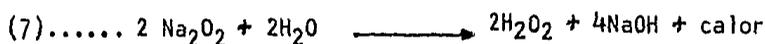
Durante el blanqueo se busca tener un pH alto, ya que esto favorece la presencia del ión perhidroxilo.



En la preparación del licor de blanqueo con peróxido de hidrógeno, el hidróxido de sodio es el reactivo más utilizado para dar la alcalinidad necesaria a la solución y favorecer la presencia del ión ^-OOH .

Además del hidróxido de sodio, es común el uso de silicato de sodio para proporcionar alcalinidad y efecto buferizante al licor de blanqueo. Por otro lado, la adición de sulfato de magnesio al licor de blanqueo y la presencia del silicato de sodio, origina la formación de silicato de magnesio, el cual inhibe el efecto catalítico de los iones metálicos pesados (Fe, Cu, Pb, Mn y Cr) que descomponen el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno.

Cuando se utiliza peróxido de sodio (Na_2O_2) en la preparación del licor de blanqueo, por lo regular no se requiere la adición de NaOH a la solución. Esto se debe a la gran alcalinidad del peróxido de sodio que al reaccionar con agua, genera hidróxido de sodio y peróxido de hidrógeno:



Sin embargo, además de tratarse de una reacción exotérmica y de requerir un manejo cuidadoso, la alcalinidad generada es excesiva y se requiere adicionar ácido sulfúrico para ajustarla. La adición de silicato de sodio y sulfato de magnesio, es requerida también al igual que en el licor a partir de peróxido de hidrógeno.

Comercialmente, el peróxido de hidrógeno se encuentra disponible en soluciones acuosas al 35, 50 y 70 % en peso. La solución al 35 % contiene 16.5 % de oxígeno activo; a 20°C tiene una densidad de 1.1327. La solución al 50 % contiene 23.5 % de oxígeno activo y densidad de 1.1957 a 20°C . Por último, la solución al 70% contiene 32.9 % de oxígeno activo y densidad de 1.2836 a 20°C .

El peróxido de hidrógeno en su forma concentrada, debe mantenerse -

libre de contaminantes, ya que pequeñas trazas de impurezas metálicas - causan una descomposición acelerada.

El peróxido de sodio es un sólido granular de color amarillo pálido, contiene un mínimo de 96 % de Na_2O_2 y 19.6 % de oxígeno activo. Es estable a temperatura ambiente cuando se conserva seco dentro de recipientes. Su manejo es muy delicado y el almacenamiento debe ser lejos de materiales - combustibles ya que al contacto con estos, puede causar fuego.

El peróxido de sodio, en presencia de agua libera una cantidad considerable de calor e imparte una fuerte alcalinidad a la solución resultante. Por lo tanto en la preparación del licor de blanqueo, deberá usarse agua - tan fría como sea posible y diluir posteriormente, ya que la extrema alcalinidad y la elevación de la temperatura del agua al disolver el peróxido de sodio, ocasiona la descomposición del H_2O_2 que se forma.

La equivalencia entre los peróxidos de sodio e hidrógeno es: 1 lb. de peróxido de sodio, equivale en contenido de oxígeno activo a 1.19 lb. de - peróxido de hidrógeno al 35 %; ó a 0.84 lb. de peróxido de hidrógeno al -- 50 % más 1.03 lb de hidróxido de sodio.

CONSIDERACIONES EN EL BLANQUEO CON PEROXIDO.

Los resultados finales en el blanqueo con peróxido, dependen primordialmente del tipo de pulpa a tratar y de las condiciones en que se realizó el blanqueo.

Para el caso de pulpas a partir de cartones y papeles de desperdicio, en donde la mayoría de ellos guardan un alto contenido de ligninas - debido a la presencia de fibras semiquímicas y termomecánicas, el blanqueo con peróxido es de gran utilidad, ya que se puede obtener una ganancia - apreciable en la brillantez de la pulpa conservando un rendimiento alto. Sin embargo, los desperdicios usados pueden guardar en ocasiones "cierta" humedad adquirida en el momento de recolección, durante el almacenamiento o en la pulpa misma que por una u otra razón, queda almacenada en los tanques anteriores a la operación de blanqueo por un período largo. Esta humedad adquirida, puede ocasionar la proliferación de bacterias en cuyo metabolismo se hace presente la enzima "catalaza". La catalaza tiene la particularidad de descomponer el peróxido de hidrógeno del licor de blanqueo, en agua y oxígeno restando eficiencia a la operación por la pérdida

del reactivo.

Una manera de evitar la acción de la catalaza y la presencia de microorganismos, es tratar la pulpa previamente con hipoclorito. El uso de hipoclorito no solo como una medida de inhibir la acción de la catalaza, sino como una etapa "formal" de blanqueo, mejora considerablemente las características finales de la pulpa en cuanto a purificación de la pulpa, mayor suavidad de las fibras y una ganancia mayor en la blancura final.

VARIABLES EN EL BLANQUEO CON PEROXIDO.

Las variables en las cuales se debe fijar la atención para lograr los mejores resultados en el blanqueo con peróxido son:

- _ Dosificación del peróxido
- _ Alcalinidad del licor de blanqueo
- _ Consistencia
- _ Temperatura
- _ Tiempo de retención.

DOSIFICACION DEL PEROXIDO.

La cantidad de peróxido que se utiliza en el blanqueo, depende básicamente de los resultados finales deseados en la brillantez de la pulpa. En promedio, se emplean cantidades del 1 al 2 % de peróxido de sodio (o su equivalencia en peróxido de hidrógeno) en el blanqueo de pulpas de papeles de desperdicio, obteniéndose de 70 a 75°GE de brillantez cuando se usan papeles blancos ó de 50 a 60°GE cuando se usan desperdicios con alto contenido de ligninas.

ALCALINIDAD.

Como se mencionó con anterioridad, el éxito del blanqueo con peróxido depende en gran parte de la cantidad de álcali presente en el licor de blanqueo.

El pH puede ajustarse por adición de hidróxido o silicato de sodio a la pulpa, en el momento de llevarse a cabo el blanqueo para llegar al límite conveniente del pH.

Se recomienda que para obtener el máximo incremento en la brillantez de la pulpa con un tiempo mínimo de retención, la suspensión de pulpa debe

rá de tener un pH inicial de aproximadamente 10.5. Este valor de pH, se obtiene normalmente por medio de un índice de álcali entre el 1 y 3 % de NaOH sobre la pulpa absolutamente seca, dependiendo de la cantidad de peróxido utilizada.

La cantidad de álcali, depende también de la consistencia de la pulpa, la temperatura de operación y el tiempo de retención requerido.

A un valor alto de álcali, el blanqueo da mejores resultados llevándolo a cabo a consistencia y temperatura bajas; mientras que a un valor más bajo de álcali, son preferibles valores de consistencia y temperatura más altas.

CONSISTENCIA.

En realidad el peróxido de hidrógeno puede ser usado en el blanqueo de pulpas en un rango amplio de consistencias. La mayoría de las instalaciones comerciales manejan consistencias bajas (3 - 6 %) o consistencias medias (10- 15 %). La eficiencia del blanqueo aumenta con el incremento de la consistencia, debido a que el reactivo se encuentra en mayor concentración en la mezcla, por haber menos cantidad de agua presente.

TEMPERATURA.

La temperatura tiene un efecto importante sobre la velocidad de reacción del peróxido sobre la pulpa. La máxima brillantez (blancura) se obtiene dentro de un rango de 40 a 70°C usando consistencias medias; de 30 a 50°C a baja consistencia y 50 a 55°C a alta consistencia (25-40%).

Sin embargo, en el caso de consistencias medias que suelen ser las de mayor aplicación, si el blanqueo se lleva a cabo entre 75 y 95°C, puede haber una disminución en la brillantez del 15 al 25 % ⁷ en el caso de pulpas con alto contenido de ligninas, por presentarse reacciones de competencia entre el grupo cromóforo de la lignina y la cadena de carbohidratos en la celulosa.

En general, el tiempo de retención se abate con el incremento de la temperatura, pero la selección de ésta, deberá hacerse cuidadosamente por las razones indicadas.

TIEMPO DE RETENCION.

El tiempo de retención depende de la temperatura, la alcalinidad y --

(7) Kennet W. Britt, "Pulp and paper technology hand book", pp.316, second ed., Van Nastrand Reinhold, New York 1970.

consistencia empleadas en la operación de blanqueo. De esta manera, los tiempos de retención en promedio de las diferentes alternativas de consistencias son:

A consistencias bajas	3.5 hrs.
A consistencias medias	1.5 hrs.
A consistencias altas	0.5. hrs.

Los tiempos de retención arriba indicados, son tomando en cuenta que el pH y temperaturas estan en los rangos recomendados, cualquier variación de esos parámetros puede redundar en una variación significativa en el tiempo de retención.

NEUTRALIZACION.

Aunque la neutralización de la pulpa al concluir la etapa de blanqueo con peróxido no es en realidad una variable de control, es conveniente llevarla a cabo por varias razones: (1) para eliminar las trazas de álcali y peróxido residual, que pueden alterar las propiedades de las fibras o favorecer la proliferación de microorganismos; (2) la reducción de iones férricos que pueden estar presentes en la pulpa y que pueden ocasionar obscure-

cimiento y (3) la ganancia de hasta 2 puntos en blancura por la reducción de trazas coloreadas, dando también una mayor estabilidad a la brillantez.

La neutralización se lleva a cabo, acidificando la pulpa hasta un pH de 5.5 - 6.5, mediante la adición de SO_2 en cantidades que pueden ir del 0.3 al 1 % sobre la pulpa seca.

CAPITULO III

PARTE EXPERIMENTAL

Como se mencionó al principio del presente trabajo, el objetivo primordial es obtener un sustituto de pulpa kraft a partir de papel y cartón de desperdicio.

Es indudable que muchos de los desperdicios de papel y cartón disponibles para la obtención de la pulpa en cuestión, no provienen de un proceso kraft. Sin embargo, no se pretende igualar las propiedades y características en sí de la pulpa kraft al hablar de un sustituto, -- sino el de aprovechar una fuente celulósica que puede brindar buenos resultados con su aplicación, solventando en cierta medida la demanda de fibras en la industria del papel.

La experimentación realizada en este trabajo, se apoya en estudios previos con resultados alentadores en el campo de las fibras secundarias, labor que ha requerido de tiempo y esfuerzo.

Por otro lado, la pulpa a obtener debe de llenar ciertas necesidades fundamentales para cumplir con su objetivo y estos requisitos en forma resumida son:

- a) que sea semiblanqueada.

- b) de aceptables propiedades físico-mecánicas
- c) que el proceso no involucre demasiados equipos.
- d) que sea económicamente atractivo.

CONSIDERACIONES.

Durante la experimentación, fue necesario realizar pruebas preliminares utilizando en primera instancia cartón corrugado y posteriormente mezclas de cartón corrugado y archivo mixto. Cabe hacer notar, que se usó la mezcla de cartón corrugado y archivo mixto por varias razones:

- a) por ser los desperdicios más abundantes en el mercado.
- b) son desperdicios equiparables en costo.
- c) en general, contienen poca tinta.
- d) contienen fibras de calidad aceptable.
- e) presentan escasa resistencia en húmedo.

El cartón corrugado, proviene de cajas de empaque y las fibras que lo constituyen presentan un alto contenido de lignina por ser originarias de procesos de alto rendimiento. El archivo mixto, proviene prin-

principalmente de oficinas, almacenes e inclusive casas habitación, donde solo son retirados por el recolector los contaminantes como papel carbón, polietileno estopa etc.

Con el fin de tener una idea más clara de que es un "archivo mixto", se procedió a hacer una cuantificación de sus componentes "principales" dando como resultado:

cartón y cartoncillo	54.80 %
papel bond de color	23.56 %
papel bond blanco	11.04 %
papel periódico	3.96 %
papel kraft	3.80 %
papel litografía	2.84 %

En realidad, de los porcentajes presentados; un 40 % corresponde a fibras químicas blanqueadas ya que dentro de lo que denominamos como cartoncillo, se encuentran cartulinas blancas y de color. El papel litografía, se refiere a revistas y todo papel fuertemente impreso en donde no solo se encontró papel de pasta mecánica, sino también papel

de fibras químicas blanqueadas. La presencia de las fibras químicas - blanqueadas en el archivo mixto, hace que disminuya el contenido de - lignina en las pulpas obtenidas al hacer la mezcla de los desperdicios mencionados.

Durante la ejecución de las experiencias, se utilizaron desperdicios de cartón y papel tal como son vendidos por los proveedores; todos los reactivos empleados en el tratamiento de los desperdicios, fueron de grado industrial y se utilizaron algunos equipos hechos a escala, con el fin de tener un mejor control en las condiciones de operación.

Todas las pruebas y análisis fueron ejecutadas apegándose a las - normas y estándares TAPPI.

PLANTEAMIENTO.

En la obtención de pulpas celulósicas a partir de papeles de desperdicio, se requiere de la ejecución de varias etapas para lograr los fines buscados. Las diferentes etapas a realizar, pueden resumirse en los siguientes objetivos:

I desfibramiento de los desperdicios

II eliminación de los contaminantes

III blanqueo.

I.- Algunos estudios previos y un buen número de referencias bibliográficas, hacen constar que el desfibramiento de los desperdicios es de gran importancia ya que su buena ejecución facilita la eliminación de los contaminantes abatiendo los requerimientos de reactivos en el blanqueo. De esta forma y tomando en cuenta que los desperdicios a utilizar son cartón corrugado y archivo mixto con poco contenido de tintas; se requiere efectuar el desfibramiento de los desperdicios en condiciones de alcalinidad media y poder de oxidación para causar la saponificación de los encolantes del papel y el vehículo de fijación de las tintas; evitando también, que la pulpa se oscuresca debido a la lignina presente en el cartón corrugado.

Los reactivos de uso más difundido en nuestro país y de costo accesible que pueden brindar esta finalidad son a nuestro parecer: el hipoclorito de calcio y el peróxido de hidrógeno. No obstante, el hipocloro

rito resulta ser el más económico y es el que se usará como reactivo - durante el desfibramiento.

El uso de tensoactivos y aglutinantes, queda descartado debido al efecto detergente de los productos de saponificación y por tratarse de desperdicios con poca tinta.

11.- La eliminación de los contaminantes "gruesos" comienza durante la extracción de la pulpa a través de la platina del pulper o desfibrador y se continúa con sistemas de depuración y limpieza.

Para fines experimentales, lamentablemente no se contó con un pulper con platina de extracción y depuradores centrifugos o presurizados. Para suplir esto, se ideó el uso de cribas vibratorias, que simularán un sistema de depuración en tres etapas, teniendo dos cribas primarias en serie, una con orificios de 0.080" y otra con ranuras de 0.018".

Por otro lado, para la eliminación de tintas, se optó por hacerla mediante lavado, utilizando un lavador inclinado de malla No. 80 y regaderas a presión. El objetivo de utilizar este método para eliminar las tintas, se debe también a la necesidad de eliminar los finos presentes-

como el caolín y partículas de resina, dando como resultado una pulpa más suave y de mayor drenabilidad, efecto que no es logrado por el método de flotación.

El número de malla seleccionado es para minimizar la pérdida de fibras, de tal manera, que sólo las muy fragmentadas sean arrastradas por el agua de lavado.

III.- Para efectuar el blanqueo, se consideró conveniente hacer el tratamiento en dos etapas; una con hipoclorito de calcio y otra con peróxido de hidrógeno. La razón de usar estos reactivos, es con el fin de llegar a una blancura de valor medio (50°G.E. como mínimo) aprovechando el poder oxidante de los reactivos y el alto rendimiento del blanqueo con peróxido.

No se incluye etapa de extracción alcalina, que además de provocar oscurecimiento de la pulpa por la lignina presente, parte de esta se solubiliza en el álcali bajando el rendimiento.

De los dos reactivos seleccionados para efectuar el blanqueo, el hipoclorito de calcio es el que puede ocasionar mayores pérdidas en el

rendimiento por la formación de cloroligninas, que solubilizan unas en agua y otras en álcali. Pero contrariamente al efecto de la sosa cáustica, se incrementa la brillantez de la pulpa dejando sólo un ligero color amarillo debido a las cloroligninas no solubles en agua, que bajo la acción decolorante del peróxido como tratamiento posterior, es eliminado.

Por último, el cuadro No. 1 muestra en forma sintetizada los diferentes pasos del planteamiento de la presente investigación.

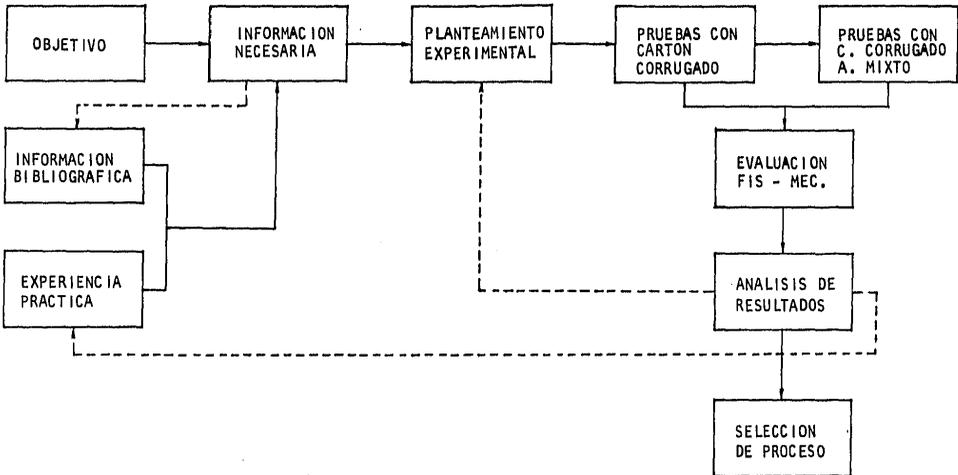
PROCEDIMIENTO.

Una vez establecidos los aspectos principales para llevar a cabo la parte experimental, se procedió de la siguiente manera:

- 1.- Ejecución de pruebas preliminares con cartón corrugado variando la concentración de reactivos en las etapas de blanqueo. -
Ver cuadro No. 2.
- 2.- Comparación de la blancura final en cada una de las secuencias realizadas. Si la blancura final no es satisfactoria, pasar al siguiente paso de la experimentación.

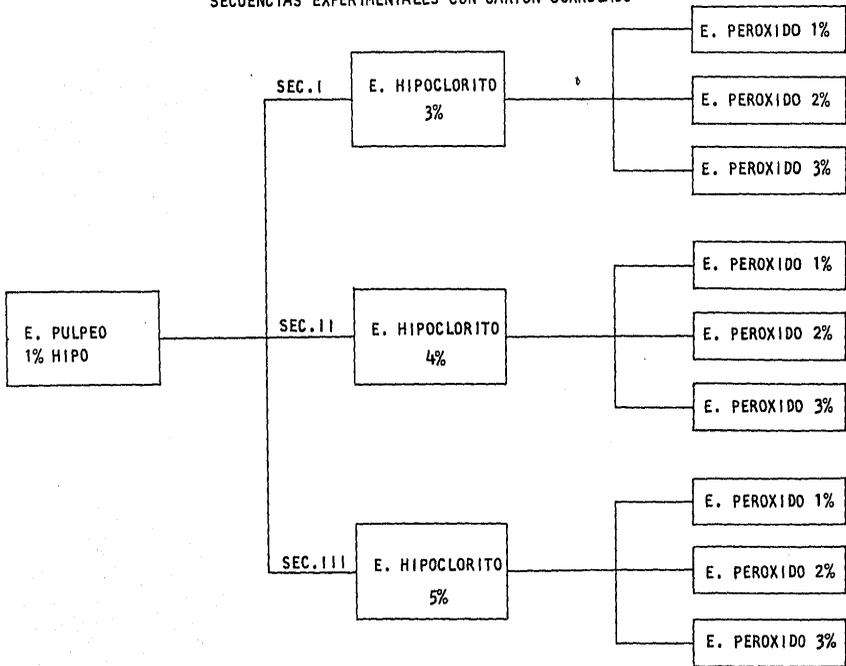
CUADRO No. 1

SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA LA INVESTIGACION.



CUADRO No. 2

SECUENCIAS EXPERIMENTALES CON CARTON CORRUGADO



3.- Ejecución de pruebas preliminares usando mezclas con diferentes porcentajes de cartón corrugado y archivo mixto, usando la secuencia que proporcionó la mayor blancura en las experiencias con cartón corrugado. Ver cuadro No. 3.

Como fué indicado con anterioridad, la finalidad de recurrir a las experiencias con mezclas de cartón corrugado y archivo mixto es para disminuir el contenido de lignina en la mezcla, siendo factible obtener una blancura final más alta de la pulpa sin requerir una demanda mayor de reactivos sobre una base preestablecida. Por otro lado, la cantidad de fibras blanqueadas aportadas por el desperdicio de archivo mixto proporcionan un mayor rendimiento en los resultados finales por orientarse la acción de los reactivos de blanqueo sobre la materia colorida.

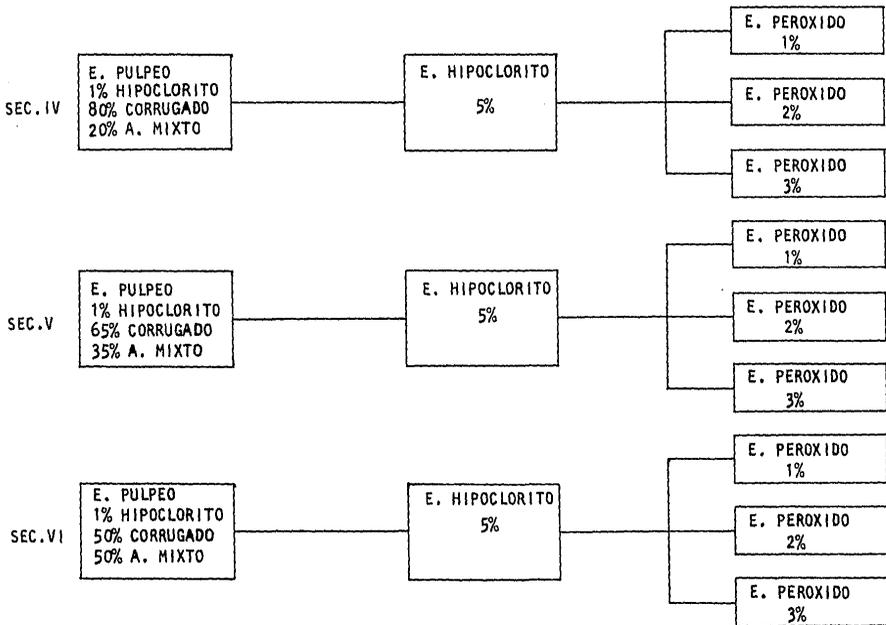
Para llevar a cabo las experiencias preliminares en cada una de las secuencias descritas en los cuadros Nos. 2 y 3, se realizaron las operaciones que a continuación se describen en forma general.

DESFIBRAMIENTO DE LOS DESPERDICIOS.

En esta operación, dado que se carecía de un pulper con platina de

CUADRO No. 3

SECUENCIAS EXPERIMENTALES CON MEZCLAS A DIFERENTES PORCENTAJES DE CARTON CORRUGADO Y ARCHIVO MIXTO.



extracción, se procedió a retirar manualmente todos los objetos grandes ajenos a la naturaleza de los desperdicios como son : vidrios, clavos, alambres, trapo etc., que fueron detectados en las pacas del material a usarse.

Posteriormente, se fragmentaron los desperdicios a un tamaño de aproximadamente 3 x 3 cm., para simular la misma proporción en tamaño de los desperdicios en un pulper de tamaño industrial.

Los desperdicios fragmentados, fueron cargados al desfibrador junto con el agua y el hipoclorito de calcio para tener una consistencia de operación al 6 % y el 1 % de cloro disponible sobre base seca. La temperatura durante el desfibramiento fue de 45°C y al cabo de 30 mins., se retiró la pulpa obtenida determinándose a continuación la brillantez y el número de permanganato.

DEPURACION.

La pulpa resultante del desfibramiento de los desperdicios, fue diluída hasta obtener una suspensión 1 % de consistencia y se mantuvo en agitación continua.

La pulpa "preparada", fue alimentada a la caja de distribución - de la criba de laboratorio a un flujo constante de 15 G.P.M.; el tamiz de la criba usada en primera instancia, tenía perforaciones de 0.080" con un área libre del 15 %. El aceptado de la criba, fué alimentado a otra criba en condiciones similares, solo que en este caso el tamiz tenía ranuras de 0.018" y un área libre del 13 %. Finalmente el aceptado de la criba ranurada, fué el que se utilizó en el siguiente paso de la investigación: el destintado por lavado.

Para completar la secuencia de depuración, el rechazo de la criba ranurada se retroalimentó a la criba perforada primaria y el rechazo de la misma, se manejó conforme a un sistema convencional de cribado en tres etapas.

DESTINTADO POR LAVADO.

Para llevar a cabo esta operación, se utilizó un bastidor de madera de 40 x 60 cm. conteniendo una malla inoxidable del No. 80 con 31.4 % de área libre. El bastidor se colocó a una inclinación de 38° con respecto a la horizontal y se dispuso de una regadera manual de --

agua a presión en abanico.

Una vez acondicionado el lavador descrito, la pulpa que se aceptó en la criba ranurada, y estando a una consistencia del 0,8 %, se alimentó al lavador por medio de una caja de distribución a un flujo de 15 G.P.M. Al comenzar a deslizar la pulpa por la malla, se utilizó la regadera dirigiendo el abanico de agua en el sentido de avance de la pulpa. El gasto de agua utilizado durante el lavado fué de 4.2 G.P.M. y la pulpa lavada que se recibió en el extremo inferior del lavador se presentó al 3.0 % de consistencia.

Finalmente la pulpa lavada, fué exprimida en forma manual y sobre un recipiente con fondo de malla para captar las fibras que pudieran escapar por entre los dedos.

BLANQUEO.

En esta parte de la investigación, las experiencias de blanqueo con hipoclorito y peróxido, se llevaron a cabo al 12 % de consistencia, siguiendo el planteamiento indicado en las secuencias de los cuadros Nos. 2 y 3. Para ello, se utilizó un reactor enchaquetado de acero in-

oxidable tipo 316-L de 20 l. de capacidad (2 Kg. de pulpa al 12 %) - provisto con paletas de homogenización de acción manual y un termómetro con indicador de carátula para el control de temperatura.

En todos los casos, la pulpa lavada y exprimida fue "desmenuzada" finamente antes de ser cargada al reactor; la chaqueta se llenó con agua hasta $4/5$ partes de su capacidad y se calentó con mechero proporcionando así un baño maría. Una vez que la temperatura de la pulpa dentro del reactor llegó al valor requerido, se reguló la flama del mechero para mantenerla estable.

La adición del reactivo correspondiente, se hizo disolviendolo al momento en agua caliente, de tal manera que al homogenizarlo con la pulpa dentro del reactor, la consistencia, temperatura y concentración del reactivo fueron las requeridas.

Hecha la mezcla, se determinó el pH inicial y se tapó el reactor. con el fin de llevar el seguimiento de la reacción, cada 15 minutos se volvió a homogenizar y tomar el pH de la pulpa hasta concluir el tiempo de retención establecido. A continuación, una vez determinado el pH fi-

nal, se cuantificó el reactivo residual eliminándolo posteriormente con una solución al 1 % de NaHSO_3 ; se lavó y se exprimió la pulpa destinando una parte para su evaluación y otra para completar el tratamiento de la secuencia correspondiente.

Finalmente en la tabla No. 1, se indican las condiciones generales de los tratamientos químicos, el número de permanganato y blancura resultantes en las operaciones de pulpeo y blanqueo con hipoclorito y peróxido de hidrógeno, para cada una de las secuencias.

TABLA I
 CONDICIONES Y RESULTADOS PARA LAS SECUENCIAS EXPERIMENTALES

SECUENCIA	TIPO DE DESPERDICIO	ETAPA	% REACT.	% CONSIST.	TEMP (°C)	Ø RET. (MIN)	pH _f	NaKMnO ₄	°G.E.
I	CARTON CORRUGADO	PULPEO	1% HIPO	6	45	30	7.5	40	22
		HIPOCLO RITO	3.00	12	45	120	8.0	35	25
		PEROXIDO	1.00	12	70	180	9.3	32	27
			2.00	12	70	180	9.6	30	30
			3.00	12	70	180	8.4	28	33
II	CARTON CORRUGADO	PULPEO	1% HIPO	6	45	30	7.5	40	22
		HIPOCLO RITO	4.00	12	45	120	8.0	27	29
		PEROXIDO	1.00	12	70	180	7.9	25	33
			2.00	12	70	180	7.7	25	36
			3.00	12	70	180	7.9	24	37

CONTINUACION TABLA No. 1

SECUENCIA	TIPO DE DESPERDICIO	ETAPA	% REACT.	% CONSIST.	TEMP (°C)	θ RET. (MIN)	pH _f	NgKMnO ₄	°G.E.
III	CARTON CORRUGADO	PULPEO	1% HIPO	6	45	30	7.5	40	22
		HIPOCLORITO	5.00	12	45	120	8.1	23	32
		PEROXIDO	1.00	12	70	180	8.0	21	38
			2.00	12	70	180	8.0	20	40
			3.00	12	70	180	8.2	18	42
IV	80% CARTON CORRUGADO + 20% ARCHIVO MIXTO	PULPEO	1% HIPO	6	45	30	8.2	21	28
		HIPOCLORITO	5.00	12	45	60	8.3	17	38
		PEROXIDO	3.00	12	70	120	8.1	14	43

CONTINUACION TABLA No. 1

SECUENCIA	TIPO DE DESPERDICIO	ETAPA	% REACT.	% CONSIST.	TEMP (°C)	Ø RET. (MIN)	pH _f	NaKMnO ₄	°G.E.
V	65% CARTON CORRUGADO + 35% ARCHIVO MIXTO	PULPEO	1% HIPO	6	45	30	7.8	20	31
		HIPOCLO RITO	5.00	12	45	60	8.5	16	42
		PEROXIDO	3.00	12	70	120	8.2	14	50
VI	50% CARTON CORRUGADO + 50% ARCHIVO MIXTO	PULPEO	1% HIPO	6	45	30	8.0	19	32
		HIPOCLO RITO	5.00	12	45	60	8.6	16	45
		PEROXIDO	3.00	12	70	120	8.2	12	57

Solución buffer usada en etapa de Peróxido: Mg SO₄ 0.5%; Na₂ SIO₃ 1.5%; NaOH 0.55%.

CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

ANALISIS DE RESULTADO:

Los datos reportados en la tabla No. 1 del capítulo anterior, son - el promedio de 6 corridas efectuadas para cada una de las secuencias experimentales, buscando con ello, tener la certeza de las características de las diferentes pulpas obtenidas en la investigación. En base a los requerimientos expuestos con anterioridad, la pulpa de la secuencia VI es - la que puede cubrir dicha demanda; esto es, emplearla en la fabricación de papeles tissue teñidos, toallas desechables y otros papeles de mediana calidad que requieren al menos, un porcentaje de fibra virgen cruda o semiblanqueada.

La pulpa de la secuencia indicada, dió un rendimiento global del -- 85.84% sobre el peso original de los desperdicios usados, requiriendo - una mezcla equiporcentual de cartón corrugado y archivo mixto. Por otro lado, es necesario mencionar que la determinación de suciedad en la pulpa final, dió como resultado 300 PPM. siendo identificadas la mayoría de las impurezas presentes como pequeñas partículas de resina, metal (aluminio), astillas, arenilla, celofan y polietileno. La presencia de dichos-

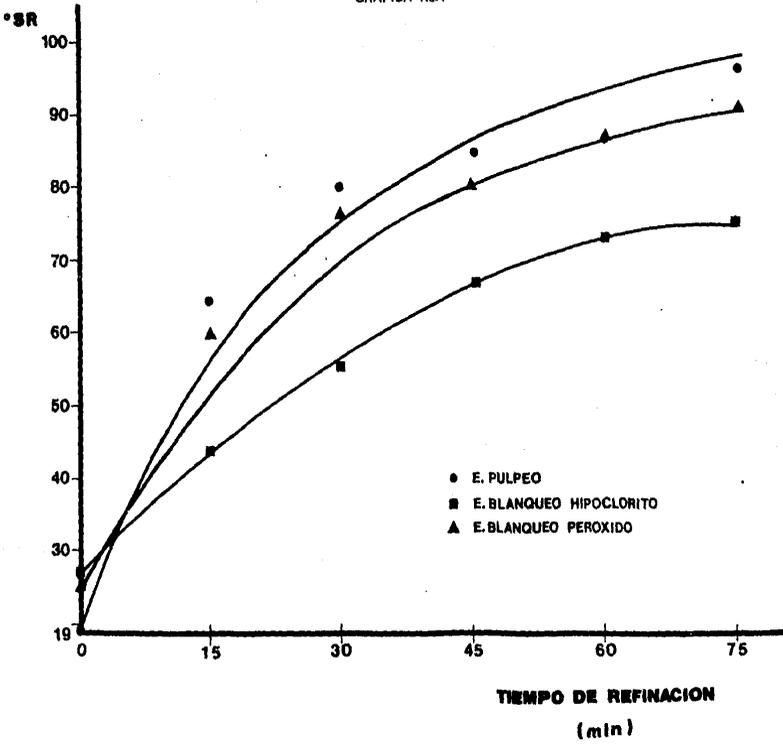
contaminantes, puede ser abatida mediante el uso de limpiadores ciclónicos de baja consistencia, operación que en el presente trabajo, desafortunadamente no se llevó a cabo por no contarse con estos equipos a nivel laboratorio.

No obstante que la blancura, rendimiento e impurezas remanentes de la pulpa dan un buen panorama a las pretenciones indicadas, se requiere tener un conocimiento mayor de sus características. Para ello, se hizo la evaluación de las propiedades físico-mecánicas más relevantes a diferentes grados de refinación en cada una de las etapas correspondientes a la secuencia VI, las cuales son reportadas en la tabla No. 2. Los valores obtenidos, nos permiten visualizar en forma más amplia las características y comportamiento de la pulpa bajo diferentes condiciones. Asimismo, las gráficas Nos. 1, 2 y 3 ilustran el comentario anterior.

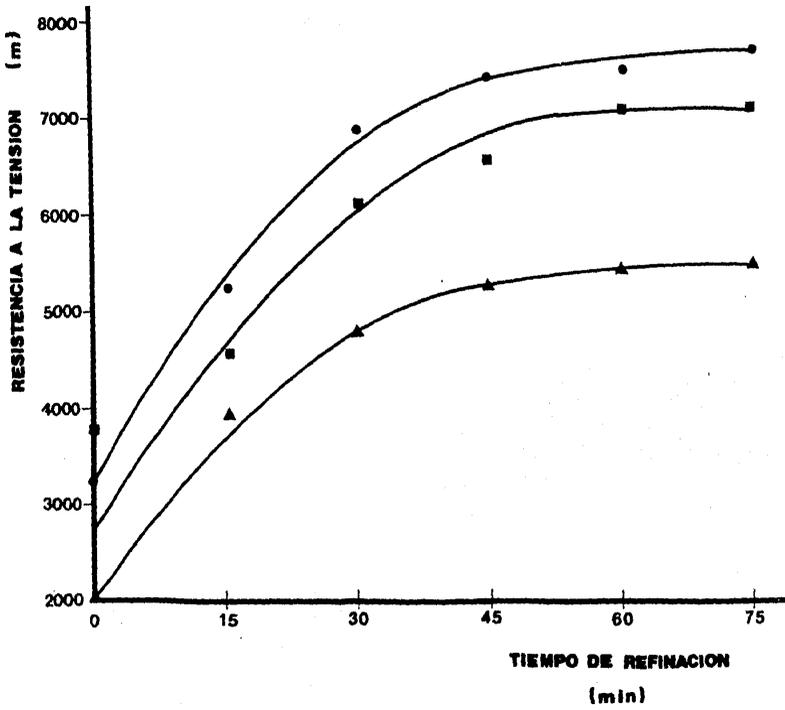
TABLA No. 2

TIEMPO DE REFINACION (min)	TENSION (m)	°SR	POROSIDAD (Seg. x 100cc)	RESISTENCIA AL RASGADO (g)	RESISTENCIA AL DOBLEZ (°)	ABSORBENCIA (cm)
ETAPA DE PULPEO						
0	3222	19	5	52	6	5.5
15	5246	65	120	40	15	3.0
30	6885	80	2400	40	11	1.4
45	7432	84	5800	28	12	1.0
60	7527	86	10760	30	15	0.8
75	7741	89	21140	24	14	0.8
BLANQUEO CON HIPOCLORITO						
0	3777	26	7	60	7	6.5
15	4555	44	10	64	15	5.2
30	6111	55	35	72	46	3.8
45	6555	67	68	56	33	3.4
60	7111	73	125	56	30	2.9
75	7111	76	125	52	30	2.6
BLANQUEO CON PEROXIDO						
0	2000	25	8	56	14	6.5
15	3934	60	93	48	20	2.6
30	4777	77	360	48	21	2.2
45	5222	80	840	44	39	1.3
60	5444	86	4560	48	64	1.3
75	5464	91	16800	44	90	0.7

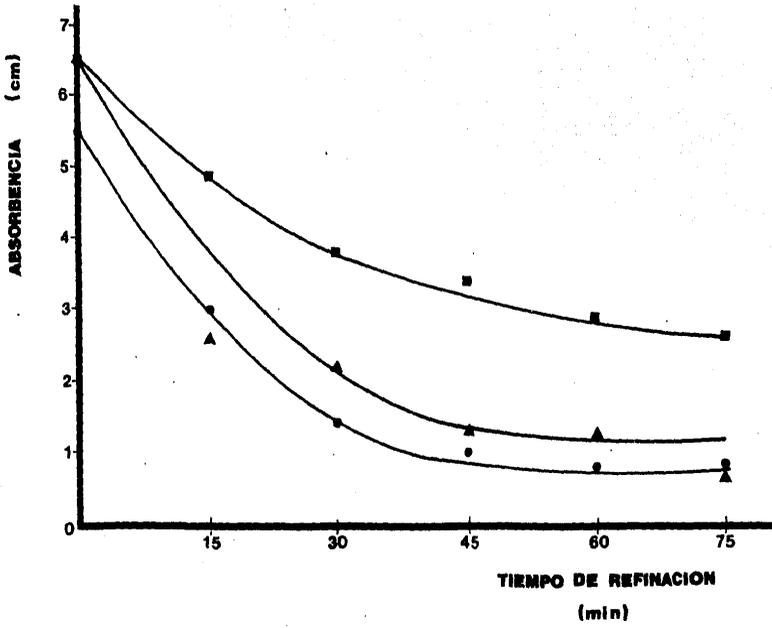
GRAFICA No.1



GRAFICA No.2



GRAFICA No.3



Con el fin de tener un marco de referencia de las características de la pulpa obtenida en la secuencia experimental VI, se procedió a valorar las propiedades de una pulpa Kraft virgen y una pulpa obtenida a partir de desperdicio Kraft; ambas sin tener un tratamiento químico previo. La tabla No. 3, lista los valores obtenidos para cada pulpa en particular a un tiempo de refinación medio.

Al observar los datos reportados en la tabla comparativa, se aprecia que la resistencia a la tensión de la pulpa virgen y la de la secuencia VI, tiene valores muy similares entre sí y en el caso de pulpa a partir de desperdicio kraft su resistencia es mayor. Esto último, se debe a que el desperdicio usado (liner) proviene básicamente de un proceso semiquímico y las fibras que la constituyen son más rígidas.

En el caso de las resistencias al rasgado y al dobléz, la pulpa obtenida esta por debajo de los valores determinados para las pulpas 1 y 2 de la tabla No. 3, esto es debido al contenido de fibra corta aportado por la dosificación del archivo mixto al cartón corrugado en la obtención de la pulpa en cuestión.

TABLA No. 3

	1	2	3
Tiempo de refinación (min)	15	15	15
Peso (g/m ²)	60	61	61
Tensión (Kg)	3.5	4.0	3.6
Metros (m)	3888	4371	3934
Porosidad (seg.x 100 cc)	30	60	3.3
Resistencia al rasgado (g)	80	64	48
Resistencia al dobléz (°)	178	59	20
Absorbencia (cm)	2.2	3.7	2.6
°SR	38	49	60
No KMnO ₄	10	40	12
Biancura (°G.E.)	29	21	57

1.- Pulpa Kraft Virgen

2.- Pulpa Desperdicio Kraft

3.- Pulpa 50 % C. Corrugado 50 % A. Mixto.

Tocante a la drenabilidad de la pulpa ($^{\circ}$ SR), la diferencia es notoria con relación a la pulpa virgen y la del desperdicio kraft; esto a nuestro parecer, justifica aún más el uso del lavado para eliminar los finos que pueden causar una drenabilidad menor. Por otro lado, el hecho de refinar la pulpa en presencia de las impurezas pequeñas que no pudieron ser eliminadas con las cribas de laboratorio, seguramente generó finos que contribuyen en cierta medida al resultado obtenido. Esto último, puede visualizarse en la tabla No. 2 al analizar la drenabilidad de la pulpa sin refinar y al ser refinada en cada una de las etapas principales de la experimentación siendo más notorio el efecto, cuando la pulpa aún no se depuraba al concluir el pulpeo.

Por último, los valores obtenidos de absorbencia, porosidad y blancura son reportados de igual forma en la tabla No. 3.

C A P I T U L O V

SELECCION Y DESCRIPCION

DEL

PROCESO

SELECCION DEL PROCESO.

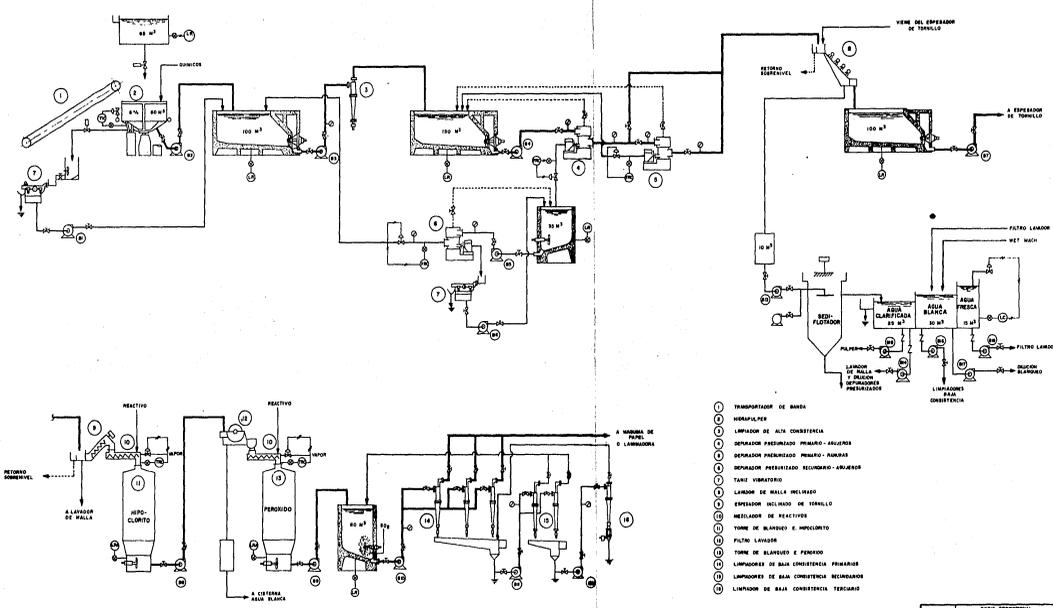
En base a la revisión y el análisis de resultados obtenidos en la parte experimental, las especificaciones de la materia prima y la calidad de la pulpa final, así como de algunas experiencias adquiridas en planta piloto, toca en turno sugerir el proceso por medio del cual se pueda alcanzar o superar la calidad de la pulpa obtenida a nivel de laboratorio. Sin embargo, es necesario hacer notar antes de continuar, que a pesar de haberse diseñado y realizado las experiencias en condiciones lo más cercanas a un proceso industrial, pueden presentarse variaciones en la calidad de los desperdicios disponibles que de alguna forma "pueden impactar" en la calidad de la pulpa final. Por otro lado, las variaciones en la calidad de los desperdicios es un hecho inherente a todo proceso de obtención de fibras secundarias y debe ser contemplado al seleccionar los equipos y establecer las condiciones "promedio" de operación, con el fin de poder solventar los problemas de esta naturaleza.

Dado que el objetivo principal del presente estudio es el obtener un sustituto de pulpa kraft y no obstante que en el capítulo anterior -

se hace alusión especial a la secuencia VI por las razones que ahí se indican, el proceso sugerido debe de tener a nuestro juicio la "flexibilidad" de poder realizar cualquiera de las secuencias estudiadas en la parte experimental si así se requiriera por razón de fines prácticos.

Bajo estas consideraciones y las que se exponen con anterioridad, se llegó al proceso ilustrado en el diagrama No. 1.

El proceso sugerido, está dimensionado para obtener una producción de 100 ton/día de fibra recuperada tomando como base las experiencias de la secuencia VI. En el caso de usarse únicamente desperdicio de cartón corrugado, las experiencias indican que la producción esperada puede ser de un 5 - 10 % menor debido a una mayor abundancia de gomas y resinas utilizadas en la fabricación del corrugado, que a final de cuentas son eliminados en el lavado.



- ① TRANSPORTADOR DE MASA
- ② HERRAJES
- ③ LIMPIADOR DE ALTA CONSISTENCIA
- ④ SEPARADOR PRESURIZADO PRIMARIO - ASISTIDA
- ⑤ SEPARADOR PRESURIZADO PRIMARIO - PASADIZO
- ⑥ SEPARADOR PRESURIZADO SECUNDARIO - LAVADOR
- ⑦ TAMBOR VIBRATORIO
- ⑧ LAVADOR DE MALLA INCLINADO
- ⑨ EFECTOR INCLINADO DE TORNILLO
- ⑩ MUELGON DE REACTIVOS
- ⑪ TAMBOR DE BLANQUEO E MUELGON
- ⑫ FILTRO LAVADOR
- ⑬ TAMBOR DE BLANQUEO E PASADIZO
- ⑭ LIMPIADOR DE BAJA CONSISTENCIA SECUNDARIO
- ⑮ LIMPIADOR DE BAJA CONSISTENCIA SECUNDARIO
- ⑯ LIMPIADOR DE BAJA CONSISTENCIA TERCERARIO

CERO PROFESIONAL
 DIBUJOS DE PLANO
 TITULO: LÍNEA DE BLENDA - TORNILLO
 VIG. 84

DESCRIPCION DEL PROCESO.

En los capítulos anteriores, se hizo mención que en todo proceso - de obtención de fibras secundarias se deben cubrir fundamentalmente tres objetivos: 1) desfibramiento de los desperdicios, 2) eliminación de los contaminantes y 3) blanqueo. Cada proceso, guarda entre sí diferentes variantes para lograr dichos objetivos, esto es, incluir más o menos equipos, emplear diferentes formulaciones o usar más reactivos dependiendo del tipo de desperdicios y los contaminantes a eliminar.

En el proceso propuesto, dichos objetivos se realizan mediante los siguientes pasos:

- I.- Parte de alta densidad : incluye el desfibramiento de los desperdicios y limpieza a alta consistencia.
- II.- Depuración de la pasta : utiliza un sistema de depuradores presurizados.
- III.- Lavado de la pasta: comprende el uso de lavadores de malla inclinados y espesadores inclinados de tornillo.
- IV.- Blanqueo de la pasta: comprende una etapa con hipoclorito de --

calcio y otra con peróxido de hidrogeno.

V.- Tratamiento de efluentes.

La parte de alta densidad es el punto inicial del proceso, utilizando para ello, un pulper de operación intermitente con capacidad de 60 m³.

En cada ciclo del pulper, este se llena con agua hasta aproximadamente el 40% de su capacidad, se adiciona el reactivo y se comienza a calentar usando vapor directo. A continuación, las pacas de desperdicio son cargadas al pulper por medio de una banda transportadora y finalmente, la consistencia y temperatura son ajustadas.

El tiempo global de cada ciclo de pulpeo es de 45 minutos: 5 de carga, 30 para realizar el desfibramiento y 10 para la extracción de la pulpa y purga de rechazos.

Durante el período de extracción, la pasta resultante es bombeada a un tanque de almacenamiento de 100 m³ diseñado para tener un tiempo de residencia de 60 minutos. A partir de este momento, el proceso se desarrolla en forma continua. Por otro lado, los rechazos e impurezas rete-

nidos en la platina del pulper, son purgados por la adición de agua y - el efecto centrífugo del rotor al abrir el conducto de rechazos localizado al ras de la platina de extracción.

La purga de rechazos, es llevada a un tanque de homogenización que alimenta en forma continua un tamíz vibratorio con el fin de recuperar las fibras arrastradas por los rechazos.

La siguiente etapa correspondiente a la parte de alta densidad, es la limpieza a alta consistencia. En esta etapa, se utilizan limpiadores cónicos centrífugos que operan en un rango de consistencia del 2.5 - - 5.0 % para separar las impurezas pesadas como grapas, clips, vidrio, - arena gruesa etc. El extremo cónico de los limpiadores, está provisto - de un sello de agua que impide el paso de las fibras al depósito de rechazos el cual periódicamente es evacuado. La parte aceptada de los limpiadores descarga continuamente en un tanque de almacenamiento de 150 m³ que alimenta el sistema de depuración.

La depuración se lleva a cabo mediante un sistema terciario de depuradores presurizados distribuidos de la siguiente manera : dos prima-

rios en serie, el primero con tamíz de agujeros y el segundo con ranuras. En esta etapa, se tiene la opción de bifurcar el aceptado del depurador con tamíz de agujeros sin pasar por el de ranuras dependiendo del grado de limpieza alcanzado.

El depurador secundario esta provisto de un tamíz con agujeros y "maneja" únicamente los rechazos del primario con características similares. El aceptado del secundario, se retorna al tanque de 100 m³ y el rechazo pasa a un tamíz vibratorio que representa la tercera etapa de depuración, en donde finalmente los rechazos obtenidos son eliminados del sistema.

El siguiente paso del proceso, es con el fin de eliminar por medio del lavado las partículas finas y tintas dispersas en la pulpa, utilizando para ello, lavadores de malla inclinados y espesadores de tornillo inclinados.

La primera fase del lavado, se realiza en los lavadores de malla que son alimentados directamente con la pulpa depurada a un rango del 0.8 - 1.0 % de consistencia, en donde el agua y la mayor parte de los-

finos y tintas presentes, drenan a través de la malla causando un incremento en la consistencia de salida de la pulpa (2.5 - 4.0 %) que descarga a un tanque de almacenamiento de 100 m³.

La pulpa lavada en la primera fase, es bombeada del tanque de almacenamiento a las cajas de alimentación de dos unidades triples de espesadores inclinados de tornillo, en donde la pulpa drena al ser transportada a través de un cilindro perforado, en cuyo extremo tiene un elemento de restricción que comprime la pulpa y permite descargarla al 10-15% de consistencia. Por su parte, los efluentes de los espesadores son enviados a los lavadores de malla como dilución, para eliminar los finos y recuperar las fibras.

Posterior a la segunda fase de lavado, se realiza el primer paso de blanqueo en el cual se utiliza hipoclorito de calcio como reactivo. Antes de que la pasta entre a la torre de blanqueo, pasa por un mezclador de reactivos en donde se adiciona el hipoclorito y el vapor necesario para ajustar la concentración y temperatura requeridos.

La consistencia de entrada a la torre es del 12 % y la de salida -

previa dilución en la parte inferior, es del 3 %. A continuación, la pasta se bombea a la tina de un filtro lavador para eliminar el licor residual antes de pasar a la siguiente etapa de blanqueo que se lleva a cabo con peróxido de hidrógeno.

La pasta que sale del último paso de blanqueo, se bombea a un tanque vertical de homogenización con capacidad de 60 m³, en donde se dosifica dióxido de azufre en proporción del 0.2 - 0.5 % sobre la pulpa para neutralizar el peróxido residual.

Finalmente, se realiza la limpieza a baja consistencia de la pulpa neutralizada para eliminar las partículas finas de bajo y alto peso específico. En este punto termina el proceso. La pulpa obtenida, puede bombearse a la máquina de papel o laminadora si se tiene integrada, para ser almacenada o distribuida fuera de la planta.

Tratamiento de efluentes: consta de dos tanques sediflotadores que reciben los efluentes de los lavadores de malla para poder ser reutilizados; los polvos y finos se separan por sedimentación y la tinta e impurezas ligeras por flotación.

C A P I T U L O V I

DESCRIPCION

DEL

EQUIPO PRINCIPAL

DESCRIPCION DEL EQUIPO PRINCIPAL.

Una vez expuesto el proceso sugerido, es necesario dar las especificaciones técnicas del equipo principal en lo referente a la demanda de potencia, condiciones de operación y funcionamiento.

La selección del equipo, se hizo en base a las necesidades y condiciones de operación inherentes al tipo de desperdicios usados y la calidad de pulpa a obtener. Sin embargo, en el presente estudio no se dan referencias o nombres comerciales de los diferentes fabricantes de equipos que pudieran cubrir esta demanda, ya que una de las principales inquietudes que preceden a nuestra investigación, es la posibilidad de construir con elementos propios los equipos necesarios al proceso expuesto y que dado lo amplio del tema, en esta ocasión no se darán detalles al respecto. Cabe hacer notar, que actualmente se tienen equipos construidos en las condiciones arriba indicadas, operando en una planta piloto propiedad de una empresa nacional y cuyo desempeño a reportado buenos resultados.

Finalmente y tras esta breve exposición, se procede a dar la des--

cripción del equipo principal.

1.- HIDRAPULPER:

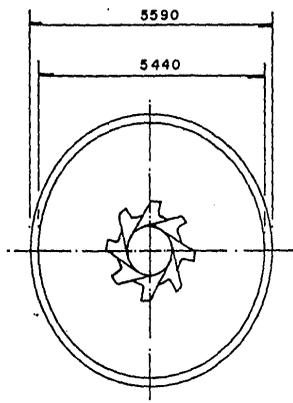
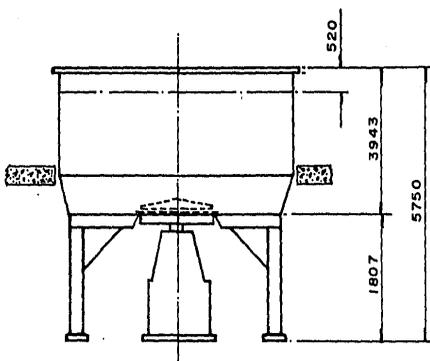
Es el punto de inicio del proceso, ya que en el se lleva a cabo el desfibrado de los desperdicios y la dispersión químico-mecánica de las tintas. El pulper esta construido en acero AISI 304 en todas sus partes "húmedas" y consta de tres secciones bridadas de ensamble; una en la parte cilíndrica, otra en la platina y la tercera en la caja de extracción. Esta provisto de ocho deflectores, cuatro verticales y cuatro en el cono; la platina de extracción tiene perforaciones de 4.75 mm. de diámetro.

La inyección de vapor, se realiza mediante cuatro toberas de 38 mm. y el rotor de 2050 mm. de diámetro está diseñado para operar a 185 rpm demandando 372 KW de potencia instalada.

El sistema de transmisión, es mediante un reductor de engranes helicoidales con factor de servicio de 1.50 a 24 hrs.

Datos Complementarios:

Capacidad al 6 % de consistencia..... 3 600 Kg.



I	TESIS PROFESIONAL		
	HIDRAPULPER		
UNAM FQ 84	A. LOPEZ E.	M. SERRANO L.	REV: MG V
	ACOT: mm	ESC: 1/2"	DIR: M. GUEVARA V.

Volumen total.....	60 m ³ .
Diámetro interno.....	5 440 mm.
Diámetro de la platina.....	2 200 mm.
Altura del recipiente.....	3 943 mm.
Altura total.. .. .	5 750 mm.
Diámetro salida de rechazos....	355 mm.
Diámetro salida caja extracción.....	250 mm.

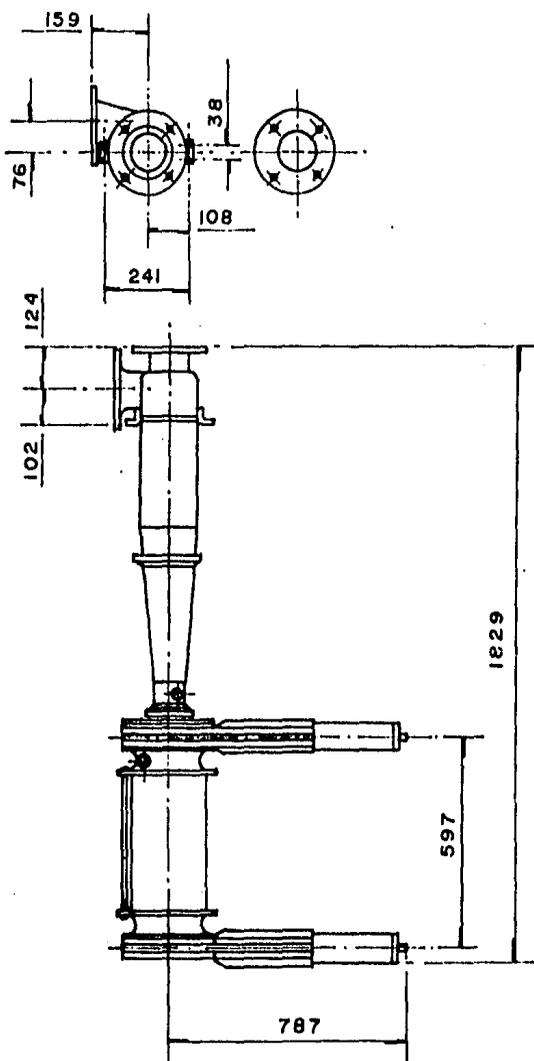
2.- TRANSPORTADOR DE BANDA:

Estructura de acero al carbón con dos hileras de rodillos laterales y una de rodillos centrales, alimenta los desperdicios de papel al pulper a razón de 45 m³/min. con capacidad de carga hasta de 50 tons/hr.

La inclinación máxima permisible es de 15°, el ancho efectivo de la banda 1.22 m. y la transmisión a usar es de cadena y motorreductor con factor de servicio 1.00 a 10 hrs.

3.- LIMPIADOR DE ALTA CONSISTENCIA:

Elimina las impurezas gruesas y de peso específico alto como arena, grapas, tornillos etc. Consta de un cabezal de alimentación y uno de -



2	TESIS PROFESIONAL		
	LIMPIADOR DE ALTA CONSISTENCIA		
UNAM FQ 84	A. LOPEZ E.	M. SERRANO L.	REV: MG V
	ACOT: mm	ESC: s/e	DIR: M. GUEVARA V.

salida, ambos contruidos en acero AISI 304. El cono tiene en la parte inferior un depósito con sello de agua que evita el paso de fibras junto con las impurezas.

La pulpa entra tangencialmente al limpiador con un flujo hasta de 1 700 l/min., el rango de consistencia de operación es de 2.5 a 5.5 % y la pulpa limpia, sale en forma radial por la parte superior.

4.- DEPURADORES VERTICALES PRESURIZADOS.

Los depuradores presurizados se utilizan para la clasificación fina de la pulpa, eliminando impurezas tales como pastillas, hilos, plástico, partículas de recubrimientos etc.

Su construcción consta de un recipiente cilíndrico vertical con tapa removible y tres conexiones bridadas; una en la parte superior orientada tangencialmente para entrada de pulpa, la segunda en la parte inferior y al centro para salida de pulpa depurada y la tercera, dispuesta tangencialmente en el fondo a 180° con respecto a la entrada de pulpa para la salida de rechazos.

En la parte interna, están equipados con un tamiz cilíndrico fijo

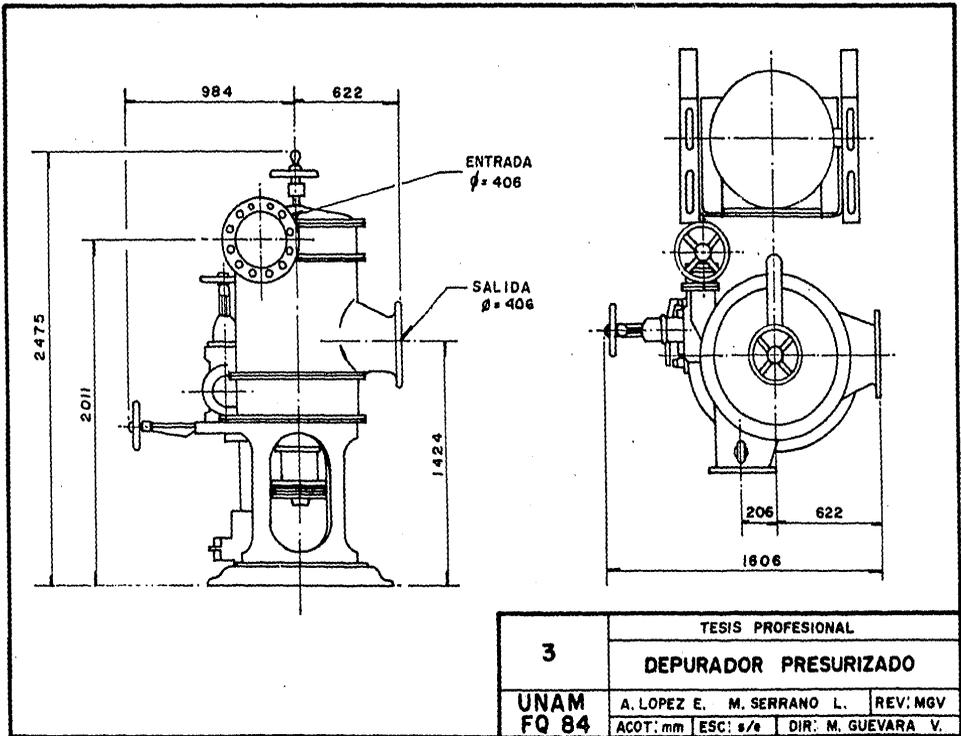
y rotor con aletas cuya función principal, es evitar la obstrucción de las perforaciones del tamíz desintegrando "floculos" y pastillas de pulpa debido a la depresión causada por el diseño aerodinámico de las aletas. Los cuerpos extraños descienden al fondo del depurador por gravedad y son evacuados en forma continúa através de la conexión anteriormente descrita.

Con el fin de eliminar las diferentes impurezas por forma y tamaño, se tienen dos depuradores primarios en serie uno con agujeros y el otro con ranuras; el secundario en "cascada" con el primario de tamíz con agujeros, consta tambien con tamíz similar.

Los datos técnicos de los depuradores, se indican a continuación:

Depuradores primarios. (rango consistencia 0.8 - 1.0 %)

A.- Agujeros.....	2.032 mm.
Capacidad máxima de manejo.....	200 ton/día.
Velocidad del rotor.....	750 rpm.
Potencia instalada.....	56 Kw.
Relación de poleas.	1.6



B.- Ranuras.....	0.457 mm.
Capacidad máxima de manejo.....	150 ton/día
Velocidad del rotor.....	750 rpm.
Potencia instalada.....	75 Kw.
Relación de poleas.....	1.6

Depurador secundario.

Agujeros.....	2.387 mm.
Consistencia de operación.....	0.8 - 1.0 %
Capacidad máxima de manejo.....	50 ton/día
Velocidad del rotor.....	750 rpm.
Potencia instalada.....	25 Kw.
Relación de poleas.....	1.6

5.- TAMIZ VIBRATORIO.

Se emplea para separar los materiales indeseables contenidos en la pulpa, obligando a pasar las fibras útiles a través de un tamiz perforado de forma ligeramente sinuoidal cuya pendiente de salida, por lo general no excede los 20° para favorecer el "avance" y eliminación de

los rechazos. El tamíz es reemplazable y se encuentra sobre una tina rectangular sujeto a un movimiento vibratorio elíptico de mediana frecuencia, lo cual permite que las fibras pasen a través del tamíz y sean removidas por gravedad o bombeo como el aceptado del volúmen alimentado.

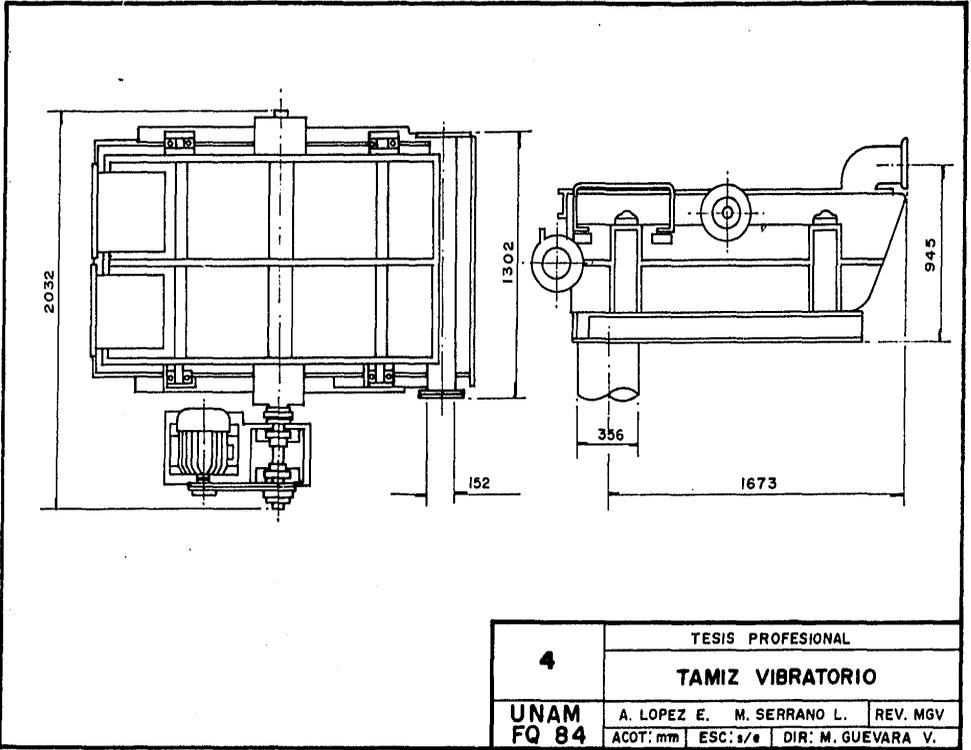
La porción que no logra pasar a través del tamíz en el área de "inundación", pasa al área de lavado donde una o dos hileras de regaderas en abanico, lavan los rechazos para minimizar la pérdida de fibras antes de ser desechados.

La construcción de la caja tamíz es en acero AISI 304 y la tina de aceptado en acero al carbón con recubrimiento anticorrosivo.

Ancho del tamíz.....	1080 mm.
Perforaciones.....	2.387 mm.
Consistencia máxima de operación.....	3.0 %
Consumo agua en regaderas.....	95 l/min.
Potencia instalada.....	2.24 Kw.

6.- LAVADOR DE MALLA INCLINADO.

Se utiliza para eliminar por lavado las tintas dispersas y la mayo



rfa de los finos contenidos en la pulpa, mediante el uso de regaderas - de agua a presión y el drenado por gravedad de la mayor parte del agua contenida en la pulpa, que es alimentada a baja consistencia (0.8-1.0%).

El lavador es un cajón provisto de un bastidor inclinado con malla No. 80 de acero inoxidable. El cuerpo del lavador por lo general es de madera, pero puede ser también hecho con acero estructural y lámina de acero al carbón con protección anticorrosiva.

Durante la operación la pulpa derrama en forma de labio de la caja de alimentación al bastidor, generándose inmediatamente un incremento - en la consistencia al drenar la mayor parte del agua contenida. Debido a la inclinación del bastidor y la constante alimentación, la pulpa se "desliza" a lo largo de la malla pasando por hileras de regaderas que completan el lavado antes de que la pulpa espesa abandone el lavador.

Capacidad de lavado.....	0.18 m ² /ton. prod.
Area efectiva de lavado.....	9.375 m ² .
Ancho del bastidor.....	2.50 m.
Longitud del bastidor.....	3.75 m.

Consistencia de entrada..... 0.8 - 1.0 %.

Consistencia de salida..... 2.5 - 3.5 %.

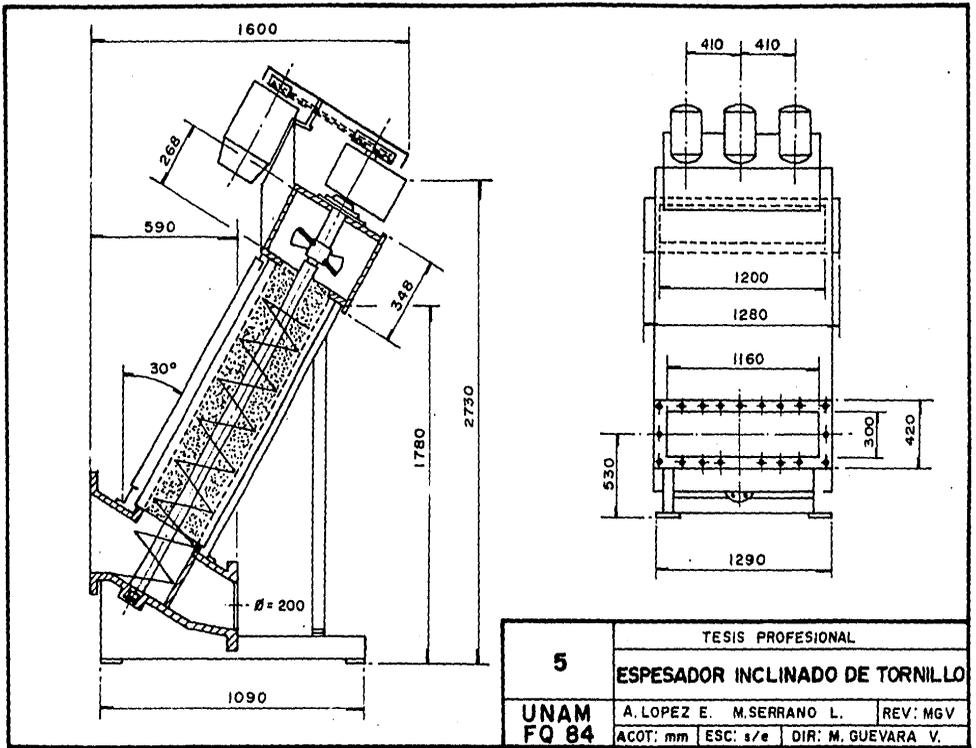
7.- ESPESADOR INCLINADO DE TORNILLO.

El utilizar este tipo de máquina es con dos finalidades: 1) espesar la pasta al valor requerido de consistencia para la operación de blanqueo y 2) realizar a la vez un lavado por dilución.

La versatilidad de este tipo de espesador, radica también en el poco espacio requerido para su instalación (2.2 m²) y en el rango de consistencia en la descarga que puede manejar, dependiendo del ajuste en el elemento de restricción ubicado en la salida del espesador y el tipo de pasta a manejar.

La unidad consiste en una caja rectangular de acero al carbón con tapa removible; en el interior se encuentran alojados tres cilindros perforados de acero AISI 304, que operan en forma independiente y similar a un transportador de tornillo.

La pasta es alimentada por medio de una caja de nivel, a un cabezal de distribución ubicado en la parte inferior del espesador. El cilindro-



5	TESIS PROFESIONAL		
	ESPESADOR INCLINADO DE TORNILLO		
UNAM FQ 84	A. LOPEZ E.	M. SERRANO L.	REV: MG V
	ACOT: mm	ESC: s/e	DIR: M. GUEVARA V.

perforado, la inclinación de la máquina y el movimiento ascendente del tornillo, hacen que la pasta vaya espesando y transportándose paulatinamente hasta alcanzar la parte superior, donde la restricción "ajusta" - la consistencia de descarga por compresión.

Capacidad..... 60 ton./día.

Perforaciones de los cilindros..... 1.58 mm.

Potencia del motor por cilindro..... 5.6 Kw.

Velocidad de motor..... 1800 rpm.

Velocidad del tornillo..... 65 rpm.

Consistencia de entrada..... 2.0 - 4.0 %.

Consistencia de salida..... 10.0 - 15.0 %.

8.- BLANQUEO: MEZCLADOR DE REACTIVOS.

Se emplea para la homogenización de los reactivos y el vapor adicionados a la pulpa, para tener las condiciones de concentración y temperatura requeridos en la torre de blanqueo.

El mezclador de reactivos es un recipiente cilíndrico con un transportador de gusano interno, tiene una entrada superior para pasta y reacta

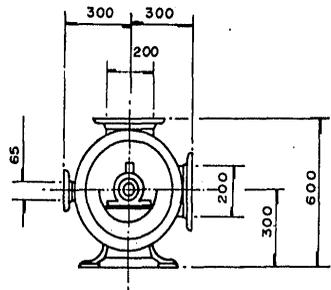
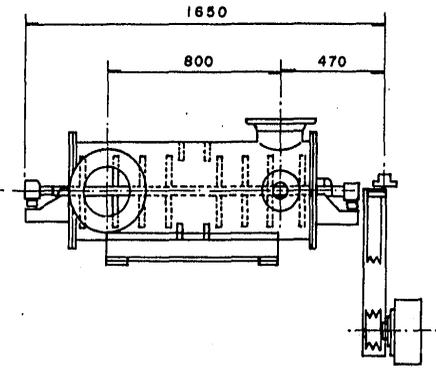
tivos que son alimentados por gravedad. El vapor se "inyecta" por un costado del mezclador utilizando una válvula de control manual o automático.

El material de construcción del mezclador es de acero AISI 304.

Capacidad.....	hasta 125/ton/día
Consistencia de operación.....	10 - 15 %
Velocidad del eje de mezcla.....	235 rpm.
Potencia instalada.....	11.2 Kw.
Relación de reducción de vel.....	7.45

9.- BLANQUEO: TORRES DE BLANQUEO.

El ajuste de la blancura en este proceso se lleva a cabo mediante dos etapas; una con hipoclorito de calcio y otra con peróxido de hidrógeno. Las torres utilizadas son de flujo descendente y operan al 12 % de consistencia, en la parte inferior están provistas de un cinturón de dilución para la salida de pasta al 3 % de consistencia y un agitador - tipo propela de barco de 790 mm. de diámetro. Las torres en ambas etapas son en acero AISI 304.



6	TESIS PROFESIONAL		
	MEZCLADOR DE REACTIVOS		
UNAM FQ 84	A. LOPEZ E.	M. SERRANO L.	REV: MGV
	ACOT: mm	ESC: s/e	DIR: M. GUEVARA V.

a) Torre de hipoclorito.

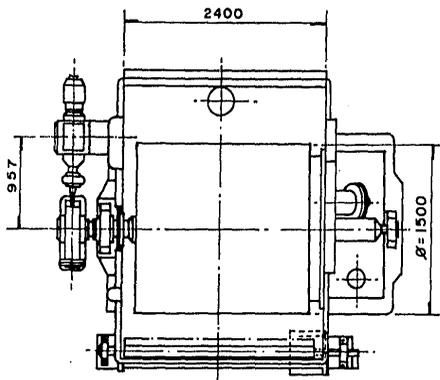
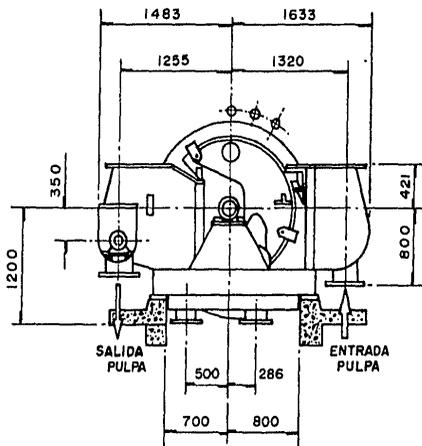
Consistencia de entrada.....	12 %
Tiempo de retención.....	60 - 90 mins.
Temperatura de la pulpa.....	45° C
Dosificación de hipoclorito.....	5 %
Diámetro interno de la torre.....	3.50 m.
Altura de la torre.....	10.00 m.

b) Torre de peróxido de hidrógeno.

Consistencia de entrada.....	12 %
Tiempo de retención.....	120 - 180 mins.
Temperatura de la pulpa.....	70°C
Dosificación de H ₂ O ₂ al 50 %.....	3 %
Diámetro interno de la torre.....	3.50 m.
Altura de la torre.....	10.00 m.

10.- FILTRO LAVADOR:

Elimina el licor de hipoclorito de calcio en la pulpa antes de pasar a la etapa de blanqueo con peróxido de hidrógeno. El filtro consiste



7	TESIS PROFESIONAL		
	FILTRO LAVADOR		
UNAM FQ 84	A. LOPEZ E.	M. SERRANO L.	REV: MGV
	ACOT: mm	ESC: s/e	DIR: M. GUEVARA V.

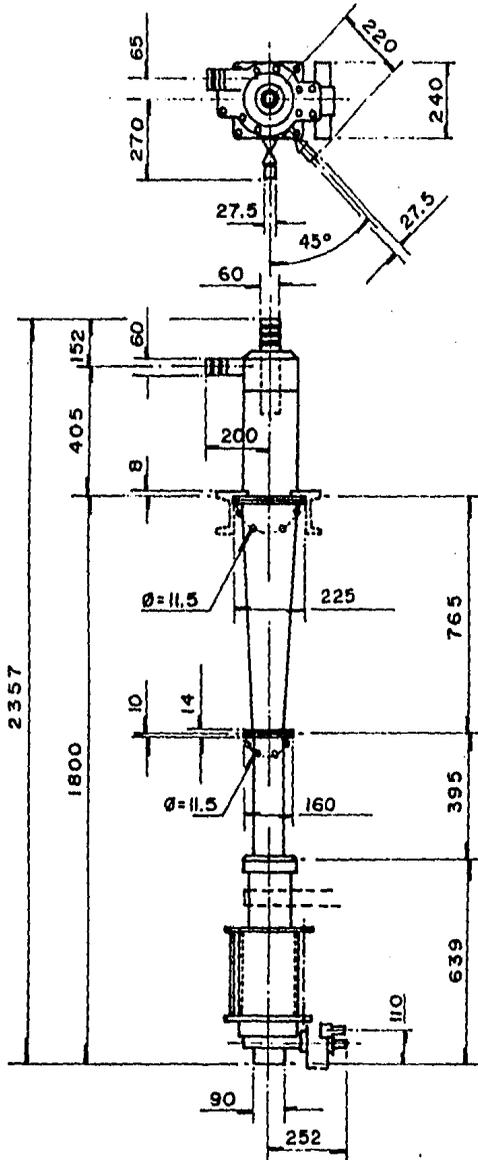
de un tambor cilíndrico recubierto con malla inoxidable del No. 60, - una prensa graduable de 500 mm. de diámetro, 3 hileras de regaderas - para agua de lavado, transmisión con motoreductor de velocidad variable de 10 HP factor de servicio 1.5 y gusano de descarga con motoreductor 5 HP y factor de servicio 1.25.

El vacío es por pierna barométrica y la capacidad de lavado es de 5 ton./m² área. La construcción es en acero AISI 304.

Capacidad máxima.....	120 ton./día
Consistencia de entrada.....	0.8 - 1.5 % .
Consistencia de descarga.....	10.0 - 14.0 %.
Diámetro del tambor.....	1.5 m.
Longitud del tambor.....	2.0 m.
Rango de velocidad del tambor.....	1 - 4 rpm.

11.- LIMPIADORES DE BAJA CONSISTENCIA.

Los limpiadores de baja consistencia que se incluyen en el proceso, son del tipo cónico centrífugo y sirven para la depuración fina de la - pasta blanqueada. La ventaja de estos limpiadores es que además de se-



9	TESIS PROFESIONAL		
	LIMPIADOR DE BAJA CONSISTENCIA		
UNAM FQ 84	A. LOPEZ E.	M. SERRANO L.	REV: MGV
	ACOT: mm	ESC: s/e	DIR: M. GUEVARA V.

parar impurezas tales como arena, astillas etc., separan los materiales
 ligeros como corcho, poliuretano, polietileno y otras similares.

Los limpiadores constan de las siguientes partes:

tubo cónico de separación, tubo intermedio cónico, tobera de rechazos -
 y purga de ligeros. Todos los elementos son de acero inoxidable.

Capacidad.....	950 l/min.
Consistencia de operación.....	0.5 - 1.5 %.
Caida de presión... ..	1 bar.
Primera etapa.....	10 elementos
Segunda etapa.....	3 elementos
Tercera etapa.....	1 elemento

12.- BOMBAS.

Todas las bombas que ilustra el diagrama de flujo son del tipo -
 centrífugo. La construcción es en acero AISI 304 en las partes húmedas
 y en hierro gris A-25 para el resto de su construcción y las caracte-
 rísticas de la bomba de acuerdo al servicio que desempeñan son las si-
 guientes:

BOMBA No.	GASTO (lps)	CABEZA (mca.)	MOTOR (Kw.)
B1	9	6	1.5
B2	123	6	38
B3	66	31	30
B4	208	31	93
B5	32	26	15
B6	17	6	2.5
B7	47	20	15
B8	53	20	15
B9	52	11	11.2
B10	194	31	93
B11	60	31	30
B12	13	31	15
B13	226	11	56
B14	203	35	93
B15	31	11	7.5

BOMBA No	GASTO (lps)	CABEZA (mca.)	MOTOR (Kw.)
B16	111	35	56
B17	161	21	45
B18	36	26	11.2

CAPITULO VII

EVALUACION ECONOMICA

EVALUACION ECONOMICA.

Consideraciones.

Es parte fundamental que toda investigación o proyecto, se apoye en bases económicas que permitan determinar su viabilidad. Sin embargo, hablar en la actualidad de nuevas inversiones se torna cada vez más difícil si tomamos en cuenta la continua fluctuación de la paridad peso-dólar, ya que gran parte de nuestro aparato productivo y de servicios-tiene que ver con operaciones monetarias de ésta índole.

Por otro lado, es un hecho que a pesar de estar tan ligados al comercio exterior, la escasez de divisas y los altos intereses sobre financiamientos externos han frenado significativamente la creación de nuevas industrias en nuestro país, debido a que en la mayoría de los casos, los equipos que se requieren son de procedencia extranjera.

En lo referente a la industria de la celulosa y del papel, la situación actual ha motivado que algunas empresas no solo fijen la atención en la investigación y desarrollo de tecnologías para solventar la escasez de materiales celulósicos como lo es, entre otros, el campo de

las fibras secundarias; sino también, en el hecho de diseñar y experimentar equipos que suplan, e inclusive que innoven los que de otra forma se tendrían que importar. Si bien es cierto que por hoy nuestros recursos son limitados económica y tecnológicamente, la preocupación -- progresiva del técnico mexicano por lograr niveles cognositivos más -- altos, sumados al valor y determinación de algunos industriales, debe dar como resultado un avance paulatino en muchos aspectos citando entre ellos uno de gran importancia; los bienes de capital.

Inversión requerida.

Esta parte de nuestro estudio tiene como finalidad el mostrar en forma muy breve, la diferencia que existe en cuanto al costo de inversión si se importan o se fabrican en México, los equipos que contempla el proceso propuesto en el capítulo V.

Es importante hacer notar que los costos que aquí se indican, están referidos al primer trimestre de 1984 y fueron obtenidos bajo los siguientes criterios:

En el caso de importar los equipos.

- 1.- Se recurrió a cotizaciones de ofertas hechas por los fabricantes de los equipos, a la empresa donde se desarrolló el tema.
- 2.- Los gastos por derechos de importación representan en forma global un 25 % ad valorem.
- 3.- El transporte por mar a puerto mexicano, se estimó en 1,500 dólares/ton.

En el caso de fabricar los equipos en México.

- 1.- El costo de los aceros al carbón e inoxidable, se pudo abatir hasta un 15 % en total considerando compras por mayoreo.
- 2.- Los costos globales por concepto de pailería, fundición, maquinados, ensamblajes, instalación etc. están basados en la experiencia acumulada por la empresa donde se desarrolló el tema.
- 3.- El costo que se indica para cada equipo, contempla gastos por concepto de ingeniería, supervisión, materiales y mano de obra.

En base a lo expuesto en los renglones anteriores y la descripción detallada de los equipos dada en el capítulo VI, se lista a continuación el costo de las inversiones para ambos casos.

ALTERNATIVAS EN EL COSTO DE INVERSION DE EQUIPO

C O N C E P T O	UNIDADES	DE IMPORTACION	HECHO EN MEXICO
PULPER	1	\$ 66,500,000	\$ 36,600,000
TRANSPORTADOR DE BANDA	1	12,935,700	4,450,000
LIMPIADORES DE ALTA CONSISTENCIA	2	5,280,840	2,640,420
DEPURADORES PRESURIZADOS PRIMARIOS	2	14,812,000	6,665,400
DEPURADOR PRESURIZADO SECUNDARIO	1	5,494,150	2,972,367
TAMICES VIBRATORIOS	2	9,436,000	5,389,900
LAVADOR INCLINADO DE MALLA	2	14,960,160	6,236,080
ESPESADOR DE TORNILLO INCLINADO	2	16,618,000	8,743,800
MEZCLADOR DE REACTIVOS	2	11,762,640	5,293,188
TORRES DE BLANQUEO	2	44,960,730	24,728,400

FILTRO LAVADOR	1	\$ 34,065,000	\$ 16,875,000
LIMPIADORES DE BAJA CONSISTENCIA	14	6,213,780	3,106,800
SEDIFLOTADORES	2	23,946,888	10,600,000
AGITADORES	8	17,228,350	8,510,200
BOMBAS	19	42,362,300	24,500,000
VALVULAS Y TUBERIAS	1 lote	66,187,160	31,580,000
INSTRUMENTOS (*)	1 lote	23,021,600	23,021,600
PARTES DE REPUESTO	1 lote	16,557,800	7,100,000
T O T A L		\$432,343,098	\$ 229,013,155

(*) En ambos casos se refiere al precio de cotización hecha por el fabricante.

Comparando el total de las inversiones en equipo, el hecho de fabricarlos en México representa un abatimiento en costo del 47 % con relación al de importación. Esto resulta bastante atractivo y nos da una idea clara que esta es una forma de aprovechar mejor nuestros recursos económicos.

Costo de fabricación por insumos.

Dentro de los diferentes conceptos económicos que se engloban para determinar el costo de fabricación de un producto, están los referentes a materia prima, reactivos y servicios, los cuales presentamos a continuación.

Para ello recordaremos que en la parte inicial y en el capítulo V de nuestro estudio, se hace mención de una capacidad productiva de 100 ton/día de fibra secundaria con un rendimiento global del 85.84 %, lo cual indica que se requiere alimentar al sistema 116.5 ton/día de desperdicios (50% corrugado, 50 % a mixto). De igual manera, en la parte experimental se dan las condiciones de operación para la secuencia VI en sus diferentes etapas, las cuales son aplicables al proceso pro-

puesto y se complementan con la siguiente información:

Pulpeo.

- a) 116.5 ton/día de desperdicios alimentados
- b) 61.0 ton/día vapor de calefacción (T= 45°C)
- c) 20 m³/día de hipoclorito de calcio de 30 g/l. Cl₂ disponible al 1 % sobre la pulpa.
- d) Ciclo 45 mins. al 6 % consistencia

Blanqueo con hipoclorito.

- a) 105.4 ton/día alimentados (9.52 % pérdidas acum.)
- b) 27.5 ton/día vapor de calefacción (T= 45°C)
- c) 91 m³/día hipoclorito 30 g/l Cl₂ disp. al 5 % sobre pulpa
- d) Ciclo 60 mins. al 12 % de consistencia.

Blanqueo con peróxido.

- a) 101.0 ton/día alimentadas (13.3 % pérdidas acum.)
- b) 59.0 ton/día vapor de calefacción (T= 70°C)
- c) 3.03 ton/día H₂O₂ 50 %; 0.5 ton/día Mg SO₄ 1.51 ton/día Na₂ SiO₃; 0.55 ton/día NaOH.

d) Ciclo 120 mins. al 12 % consistencia.

Pulpa a neutralización.

a) 100.5 ton/día (13.73 % pérdidas acum.)

b) 0.5 ton/día de SO_2 como neutralizante del H_2O_2 residual

c) Ciclo 25 mins. al 2.5 % consistencia.

Limpieza a baja consistencia.

a) 100.0 ton/día de descarga (14.16 % pérdidas acum.)

Finalmente, con la tabla del costo de insumos concluimos el tema no sin antes hacer las siguientes observaciones:

- 1.- En base a la información descrita, se resumen los costos por tonelada producida.
- 2.- El costo de los desperdicios está reportado al valor ponderado (50 % y 50 %), ya que el precio cotizado para el corrugado y archivo mixto fueron de 16,000 y 12,000 pesos por tonelada respectivamente.
- 3.- El consumo de energía eléctrica, se determinó en base a la potencia total instalada (1387 KW) aplicando un factor de-

utilización del 65 % recomendable para instalaciones de la natura

leza del proceso descrito.

4.- Los costos unitarios, son los vigentes durante el primer trimestre de 1984.

COSTO DE LOS INSUMOS

Base: ton. producida.

CONCEPTO	COSTO UNITARIO	DEMANDA	TOTAL
Desperdicios	* 14,000 \$/ton.	1.165 ton	\$ 16,310.00
Hipoclorito de calcio	1,641 \$/m3	1.110 m3	1,821.51
Peróxido de hidrógeno 50 %	120,000 \$/ton	0.030 ton	3,600.00
Sulfato de magnesio	38,550 \$/ton	0.005 ton	192.75
Silicato de sodio	22,265 \$/ton	0.015 ton	333.98
Sosa cáustica 50 %	24,900 \$/ton	0.006 ton	149.40
Dióxido de azufre	73,639 \$/ton	0.005 ton	368.20
Vapor saturado 3 Kg/cm ²	500 \$/ton	1.475 ton	737.50
Agua de reposición	24 \$/m3	27.25 m3	654.00
Energía eléctrica	5 \$/KWHR	9.01 KWHR	1,081.20
* Valor ponderado.		T O T A L	\$25,248.54

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES:

1.- El déficit de materiales celulósicos en nuestro país, tiene su origen en el alto índice de importaciones de celulosa lo cual en años anteriores era económicamente más atractivo que invertir en nuevas fábricas o proyectos para incrementar la producción.

La actual falta de divisas y la restricción a las importaciones, ha tornado más crítica esta situación y una alternativa para solventar este problema es el uso de fibras secundarias.

2.- En México, se estima que solamente el 40 % de los desperdicios de papel son recuperados existiendo además gran especulación por parte de los actuales proveedores. Una forma de salvar estos problemas, es creando la infraestructura necesaria para aumentar el monto de recolección y evitar el alza excesiva en el precio de los desperdicios.

3.- En el presente trabajo, se trató de desarrollar la metodología para obtener un sustituto de pulpa kraft virgen a partir de papeles de desperdicio. Se citan también, el proceso sugerido y -

la descripción de los equipos para su obtención a nivel industrial.

4.- En general los procesos de fibras secundarias se resumen en tres operaciones básicas: 1) desfibramiento de los desperdicios, 2) eliminación de los contaminantes y 3) blanqueo.

5.- La etapa inicial de todo proceso de fibras secundarias es el desfibrado, por tal motivo su buena ejecución es de vital importancia ya que en este punto, los contaminantes deben ser separados de las fibras para posteriormente ser eliminados sin mayor problema.

6.- El desfibrado continuo, brinda una mayor velocidad de producción pero menor control en el grado de desfibramiento de los desperdicios; el desfibrado intermitente da mejor control pero menor velocidad de producción.

El pulpeo intermitente es el más aconsejable en procesos que utilizan desperdicios "difíciles" o donde la calidad del producto final debe ser alta.

7.- Debido a la gran variedad en el tipo y calidad de los desperdicios de papel, las investigaciones sobre fibras secundarias de-

ben ser consideradas como casos particulares y no se debe descartar la posibilidad de usar otras técnicas o reactivos a los usados en nuestro estudio.

8.- A pesar de que un alto porcentaje de los procesos de obtención de fibras secundarias utilizar la sosa cáustica en el desfilado, en nuestro caso es excluida con el fin de evitar el fuerte obscurecimiento que imparten a la pulpa la presencia de fibras con alto contenido de lignina.

9.- Para eliminar los contaminantes dispersos, se prefiere utilizar el lavado en lugar de la flotación ya que de esta forma, además de quitar la poca tinta presente se eliminaron los finos que restan suavidad y drenabilidad a la pulpa.

10.- De las secuencias experimentales la VI indica que una mezcla equiporcentual de corrugado y archivo mixto son suficientes para los fines buscados. De esta manera, se abaten el uso de reactivos en relación a la blancura final y el costo ponderado de la mezcla de los desperdicios.

- 11.- Se recomienda el uso de hipocloritos y/ó peróxido para el blanqueo de desperdicios con alto contenido de lignina.
- 12.- Del análisis de resultados, se concluye que la pulpa obtenida puede ser un buen sustituto de una pulpa kraft virgen y que la adecuada depuración y limpieza de la pulpa en cuestión, influye significativamente en la drenabilidad.
- 13.- Definitivamente, el hecho de fabricar en México los equipos requeridos para el proceso, no solo representan un ahorro sustancial en el monto de la inversión sino que redunda también en los siguientes beneficios: evita la fuga de divisas, fortalece la industria de bienes de capital, aumenta las fuentes de trabajo y se logra un mejor aprovechamiento de la infraestructura disponible en los talleres de maquila.
- 14.- Todos los reactivos usados en la investigación experimental, fueron de grado industrial y la selección de los mismos, fue previendo el evitar problemas de adquisición y formulaciones sofisticadas de alto costo.

15.- Tocante al costo de la inversión por equipos y el costo de fabricación por insumos, el estudio que presentamos hablando en forma anticipada es viable como proyecto. Sin embargo para tener la plena certeza de su viabilidad se requiere un estudio económico adicional que contemple todos los aspectos omitidos en esta ocasión.

CAPITULO IX

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Altieri A.M. y Wendell J.W., "In Deinking of Waste Paper", Monografía No. 16, TAPPI, Nueva York, 1956, p.p. 45 - 47.
- 2.- Aries Robert S., Revista "Paper Trade Journal", Vol. 128, No. 6,-- 1949.
- 3.- Barthel J.C., "Paper Trade Journal", Vol. 139, No. 12, Marzo 1955, p.p. 18 - 22
- 4.- Bassemer Robert W., "Naturaleza química de las tintas de impresión y el destintado", Reunión TAPPI, Marzo 1978.
- 5.- Bayle P. and Nadelman, "Paper Trade Journal", Vol. 125, No. 2, Julio 1967.
- 6.- Buman L.A., "The Bleaching of Pulp", TAPPI Monograph No. 10, 1953.
- 7.- Beloit Corporation, "Deinking", Second Ed., Sept. 1979.
- 8.- Britt W. Kennet, "Pulp and Paper Technology Handhook", Second Ed., Van Nastrand Reinhold Co., New York, 1970.
- 9.- Casey James P., "Pulp and Paper" Vol. I, Vol. II, Second Ed., Interscience Publisher Inc., New York, 1966.

- 10.- Cherbit Maurice, "Revista A.T.C.P.", Vol. 22, No. 5, Sept - Oct. 1982.
- 11.- "Estrategias de la industria de pulpa y papel frente a la coyuntura actual", "Revista A.T.C.P.", México Enero/Febrero 1983.
- 12.- Horacek G. Robert, "Principles of deink washing": Beloit Co. Jones Div.
- 13.- Meléndez Ponce Ruben, "Sistemas de procesamiento de fibras secundarias en alta consistencia", "Revista ATCP", México Feb. 1979.
- 14.- Paraskevas Steve, "Screening Philosophy", "Revista Epoca de Papel", Noviembre 1981.
- 15.- Rapson W. Howard, "The Pulping of Wood", TAPPI, Vol. 1, Second Ed., Mc-Graw Hill, 1969.
- 16.- Slim Ronald, "Panorama Internacional de los materiales fibrosos", "Revista ATCP", México Enero/Febrero 1982.
- 17.- Tirado Adalberto, "Revista TAPPI", Vol. 41, No. 5, Mayo 1958.
- 18.- Tomlinson G.H. and Tuck M. "Pulp-Paper Mag. Can." Vol. 53, No. 12, Nov. 1962.

19.- Vokes R.F., "Paper mill news", Mayo 1946.

A P E N D I C E

GLOSARIO.Fibra vírgen.-

Son las fibras celulósicas que resultan directamente de los diversos procesos de obtención de celulosa a partir de materia vegetal (madera, pajas de cereal, algodón etc.) y que por consiguiente, no se han usado en la fabricación de papel.

Lignina.-

Sustancia presente en todas las maderas que actúa como "cementante" sobre las fibras de celulosa; representa alrededor de un 30 % sobre el peso de la madera y actualmente no está totalmente definida su composición química.

Líner.-

Nombre que se le da a las hojas o "pliegos" que conforman las caras exteriores en la fabricación del cartón corrugado.

Medium.-

Parte interna en forma ondulada que forma parte en la --
fabricación del cartón corrugado.

Pulpa kraft.-

Celulosa que se obtiene mediante el proceso al sulfato,-
en donde se utiliza una mezcla de sulfuro e hidróxido de sodio en la -
cocción de la madera.

El papel que se elabora usando esta pulpa es un papel de
color obscuro y muy resistente. El término "kraft" proviene del idioma
alemán y significa fuerte. Usualmente el término pulpa kraft se refie-
re a la pulpa al sulfato no blanqueada.

Encolantes.-

Gomas vegetales o de origen sintético, usadas en la fa--
bricación del papel con el fin de dar adherencia entre sí a las fibras
de celulosa y textura al papel.

Entre las encolantes más comunes están el almidón, gela-

tinas, alginas etc.

Chest.-

Tanques de homogenización o de almacenamiento de pulpas con agitación continua.

°G.E. -

Grados general electric. Es la unidad de medición de la blancura de las pulpas por la reflectancia de un haz de luz casi monocromático (457 m μ) utilizando para ello, un medidor estandar de reflectancia comunmente general eléctrico. Como testigo, se usa una placa de óxido de magnesio de reflectancia conocida. Los valores de blancura, se expresan tambien como porcentaje de la luz reflejada por la muestra.

Resistencia a la tensión.-

Es la medida directa de la resistencia a al tensión del papel. Se define como la fuerza necesaria para romper una tira de papel de 15 mm. de ancho; se expresa generalmente en Kg/15 mm.

Resistencia al rasgado.-

Es la fuerza necesaria para rasgar una muestra de papel en la que se ha iniciado el corte; se expresa en gramos.

Resistencia al dobléz.-

Determina la cantidad de dobleces que resistirá en el mismo sitio una hoja de papel antes de romperse.

°S.R. -

Grados Schopper - Riegler. Es una medida de la drenabilidad de la pulpa (slowness) determinada por la capacidad de desalojar un volúmen de agua en una suspensión de 24 g. de pulpas A.S. en 1 lt. de agua a 20°C. Esta medida permite predecir el comportamiento de las fibras en la máquina de papel.