



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ANALISIS Y TRATAMIENTO PARA EL REUSO  
DE AGUA EN LA INDUSTRIA DEL PAPEL

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A N :  
PABLO JOSE GALINDO TOVAR  
JOSE LUIS REBOLLEDO PALACIOS

MEXICO, D. F.

1978



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

CLAS TESIS 1978  
ADG U.T. 124 167  
FECHA \_\_\_\_\_  
PROG. \_\_\_\_\_  
# \_\_\_\_\_



JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: JORGE SPAMER GARCIA CONDE

VOCAL: ALBERTO OBREGON PEREZ

SECRETARIO: CARLOS ROMO MEDRANO

1er. SUPLENTE: ROBERTO CONTRERAS REYES

2do. SUPLENTE: BENJAMIN ORTIZ MENDOZA

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: FACULTAD DE QUIMICA

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DE LOS SUSTENTANTES: PABLO JOSE GALINDO TOVAR

JOSE LUIS REBOLLEDO PALACIOS

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA: QUIM. CARLOS ROMO MEDRANO

A MIS PADRES

ANTONIO J. GALINDO CARDENAS

Y

MARIA TÓVAR DE GALINDO

Con todo el cariño, respeto y admiración, que se le puede tener a alguien, que en medio de la adversidad ha podido dar todo lo necesario para vivir bien y formar una gran familia. . . .

A MIS HERMANOS

Margot

Antonio

A MI SOBRINO

Javier

A MI NUEVO HERMANO

Javier

Con agradecimiento hacia todos sus detalles . . . .

A MIS PADRINOS

A MIS TIOS

A MIS PRIMOS

Con cariño. . . .

A MIS AMIGOS

A MIS COMPAÑEROS DE ESCUELA

Y A TODAS LAS PERSONAS CON LAS  
QUE HE CONVIVIDO POR ALGUN MOTIU  
VO, Y HAN DEJADO EN MI VIDA UNA  
HUELLA IMBORRABLE.

En atención a su apoyo siempre tan valioso . . . .



## I N D I C E

### OBJETIVO

- 1.0 REVISION DE ESTUDIOS ANTERIORES
  - 1.1 Importancia de esta industria en el Valle de México.
  - 1.2 Panorama de crecimiento de esta industria.
  - 1.3 Desarrollo de tecnología que modifique substancialmente la demanda y contaminación del agua.
  - 1.4 Costo de la tecnología para establecer o mejorar la recirculación de agua.
  - 1.5 Lista y localización de las compañías importantes que producen celulosa al sulfato y papel Bond.
  
- 2.0 CLASIFICACION DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES.
  - 2.1 Descripción del proceso.
  - 2.2 Usos del agua y fuentes de suministro para esta industria.
  - 2.3 Características del agua residual.
  - 2.4 Balances de agua.
  - 2.5 Eficiencia del aprovechamiento del agua en esta industria.
  - 2.6 Estimación de un índice que relacione la cantidad de agua extraída por unidad de producto.
  - 2.7 Estimación de un índice que relacione la cantidad de agua que va al drenaje por cada unidad de producto.

3.0 COSTOS

3.1 Costo del suministro de agua.

3.2 Costo involucrado para recircular el agua blanca.

3.3 Costo de algunos tratamientos propuestos.

3.4 Cotizaciones para distintos tratamientos.

4.0 TECNICAS DE ANALISIS

4.1 Introducción

4.2 Técnicas de análisis más comunmente usadas en la industria.

4.3 Puntos donde se debe verificar físicamente las descargas a drenajes.

5.0 CONCLUSIONES

6.0 APENDICES Y ANEXOS

## O B J E T I V O

Analizando el desarrollo que se ha tenido ultimamente en lo que respecta al tratamiento de aguas y comparando con los tratamientos que se utilizaban hace ochenta años, es sorprendente el progreso conseguido en dos o tres generaciones.

A finales del siglo pasado, sólo se recurría a las aguas superficiales, para abastecer a grandes ciudades. Era la época de los filtros lentos, que, de vez en cuando, se limpiaban a mano, para lo cual se utilizaban equipos que requerían un gran número de operarios. Nadie pensaba entonces en depurar el agua de las pocas piscinas existentes. Las calderas nunca trabajaban a más de 10 Kg/cm<sup>2</sup>. No se utilizaba la desgasificación ni la desmineralización total, y se desconocía el intercambio de iones.

Las aguas de alcantarillado de algunas grandes ciudades, cuando no se vertían directamente a los ríos, se utilizaban para abonar terrenos, que sirvieron posteriormente para la implantación de estaciones de depuración biológica.

Las velocidades de filtración, por ejemplo, son hoy quince veces mayores que entonces. Las nuevas técnicas, en las que se emplean productos de adición apropiados y perfectamente controlados, han hecho posible que el agua procedente de ríos dudosos se asemeje a la de manantiales de la mejor calidad.

[Actualmente se escucha con insistencia, acerca del cuidado que se debe tener con el agua, en cuanto a no desperdiciarla, y si esto es nivel doméstico, que se espera a nivel industrial en donde la proporción del uso de agua, es mucho mayor, es decir, que es en donde se hace imperioso un mayor control del uso del agua.]

[Una de las industrias en las que se utiliza mayor cantidad de agua es en la fabricación del papel, y es por eso que es necesario el estudio de la minimización del consumo del agua fresca (agua de la red de distribución municipal ó de suministros exteriores). Es claro que el óptimo sería tener un circuito cerrado del agua,] y precisamente el objeto de este estudio es volver a circular la mayor cantidad de agua posible.

Actualmente, los generadores de vapor de las centrales térmicas necesitan agua que contenga solo trazas de oxígeno o de sílice. También se exige la eliminación de prácticamente la totalidad de la materia orgánica que arrastran las aguas residuales, y, para proteger los cauces receptores, debe reducirse, igualmente el contenido de algunas sustancias minerales, surgiendo así otro punto de importancia que es el de la contaminación ambiental, el cual se busca disminuirlo en lo posible, para así cumplir con el Reglamento de Control de la Contaminación, en lo referente a aguas de descarga, el cual de ser efectivamente aplicado, hará que la industria del papel, bajo el supuesto de racionalidad económica, optará por volver a circular sus aguas.

[Cabe hacer notar que el agua negra tratada también podrá sustituir al agua fresca original con la que se tendrá que seguir con tando aún a precio de subsidio, siempre que se determine que esto represente un costo social menor que el que corresponde a una con tinuada extracción de agua del subsuelo.]

[El supuesto de la racionalidad económica puede ser demasiado fuerte ya que se tiene la evidencia de que existe una gran negligencia a cambiar agua de proceso por agua negra tratada o por agua de recirculación.]

*Objetivo:*

Debido a todas las razones anteriormente expuestas se presenta este estudio con el fin de proporcionar datos a la industria del pa pel en el supuesto caso de que tome conciencia de la importancia del agua en este tiempo y de que cada vez ésta es más escaza.

1.0 REVISION DE ESTUDIOS ANTERIORES

### 1.1 IMPORTANCIA DE ESTA INDUSTRIA EN EL VALLE DE MEXICO

Esta industria es muy importante en el Valle de México, desde el punto de vista hidrológico, ya que es de las que más agua utiliza para su proceso.

Se considerarán la fabricación de los diferentes tipos de papel como son: papel Bond, celulosa al sulfato (Kraft), celulosa a la sosa, papel higiénico, papel facial y cartón corrugado.

Los datos de producción anual para la fabricación de estos diferentes papeles a nivel nacional en donde el 80% de esta producción se obtiene en el Valle de México, son:

Año	Papel Bond (ton.)	Celulosa al sulfato (kraft) (ton.)	Celulosa a la sosa (ton.)
1970	896 687	242 614	115 390
1971	907 821	235 665	124 323
1972	981 127	246 364	119 620
1973	1112 658	258 263	139 404
1974	1253 688	285 164	179 706

Año	Papel higiénico y facial (ton.)	Cartón corrugado (ton.)
1970	56 256	5.9
1971	58 392	5.9
1972	70 985	7.8
1973	88 015	10.0
1974	99 752	17.5

## 1.2.- PANORAMA DE CRECIMIENTO DE ESTA INDUSTRIA.

A nivel nacional, la industria de la celulosa en general tendrá un gran incremento en los próximos 10 años. Por lo que respecta al Valle de México no es factible que se instale una nueva planta de celulosa debido a lo siguiente:

- a) Escasez de agua
- b) Políticas oficiales de descentralización
- c) Políticas propias de las compañías

### A.- Ventajas comparativas de México.

1.- México se ubica en la parte central del continente americano, por lo que tiene buenas posibilidades de exportación de los productos hacia los países latinoamericanos, Estados Unidos y Canadá.

2.- Comparativamente, el nivel de exportar en México, es menor que el de Estados Unidos. Además, existe disponibilidad de ingenieros, técnicos y trabajadores calificados, los que fácilmente podrán adiestrarse en otros campos de la industria.

3.- El clima adecuado y propio para el trabajo, es bastante estable durante todo el año. Existen además puertas de acceso a distancias razonables.



4.- Disponibilidad de casi todas las materias primas. Solo se importan rodamientos especiales, grandes y medianos y flechas forjadas grandes, que se espera fabricar a corto plazo.

5.- Crecimiento continuo del mercado interno, aunado a una rápida industrialización del país.

6.- Exención y reducción de impuestos.

7.- Facilidades para la importación de maquinaria y equipo de producción.

8.- Facilidades para importar componentes y materias primas empleadas en la producción.

B.- Proyección de demanda.

En la actualidad existen 36 plantas productoras de papel, 11 plantas productoras de pulpa y 14 plantas integradas que producen tanto pulpa como papel. Durante los últimos 10 años, se han importado 8 máquinas continuas nuevas para papel y 17 máquinas usadas, provenientes de diferentes países.

La demanda presente y futura de papel y la capacidad de producción necesaria para satisfacerla, es, en términos generales, como sigue:

	Demanda (consumo) (Millones Tons.)	Consumo existente requerida
1970	1.16	1.12
1975	1.71	1.70
1980	2.67	2.87

1.3 DESARROLLO DE TECNOLOGIA QUE MODIFIQUE SUBSTANCIALMENTE LA DEMANDA Y CONTAMINACION DEL AGUA.

TRATAMIENTO DE EFLUENTES

Existen cuatro formas basicas de reducir la extracción de agua y la contaminación de las aguas residuales en las plantas de papel.

1.- Volver a circular un mínimo de agua y tratar el efluente en una planta interna o externa antes de descargarlo al cuerpo receptor.

Esto requiere de grandes volúmenes de agua fresca barata, cosa que no es factible que suceda en el Valle de México, ya que los industriales de esta rama están concientes del problema de abastecimiento de agua del Valle de México y de antemano cuentan con un control más estricto a este respecto, mismo que implica un encarecimiento del líquido (1 y 2).

---

(1) Censo estadístico 1975 Cámara Nal. de la Industria del Papel.

(2) Cámara Nacional de la Industria del Papel, S.A.

2.- Cerrar el circuito e implantar la recirculación total del agua.

Este concepto se significa en volver a circular al máximo posible el agua utilizada en el proceso, y en los servicios auxiliares de la máquina de papel en la siguiente forma:

Agua blanca.- El exceso de agua blanca del sistema se hace pasar por un clarificador y se regresa al sistema substituyendo al agua fresca.- El efluente de agua utilizada en el proceso queda reducido a los lodos del clarificador que se pueden eliminar por medio de una concentración e incineración.

En el anexo III se presenta el diagrama de flujo del proceso viable para este tratamiento y en el inciso 3.2 se contemplan los costos del mismo referidos al tratamiento de 3 000 l/min.

Agua de servicios.- Cerrar el circuito del agua utilizada en los sellos hidráulicos de las bombas de los refinadores, agitadores, desmenuzadoras y desfibradores.

Lo mismo se puede hacer con el agua utilizada en los sellos de las bombas de vacío aunque en este caso, es necesario tratar el efluente en un separador de fibras de celulosa y fieltro. En ambos casos, el único consumo de agua fresca es el repuesto necesario.

Por otra parte, en caso de no tener la planta sistema de agua de enfriamiento, [el agua usada para enfriar en los condensadores que normalmente tienen la calidad similar a la del proceso se

puede volver a usar, previo calentamiento en las regaderas de la máquina de papel o en la preparación de diluciones. Sin em bargo, este proceso tiene limitaciones, ya que los sólidos di sueltos, principalmente los iones sulfato y fierro, se van con centrando y pueden ocasionar problemas en el encolado interno y en la coloración del papel.]

- 3.- [ Minimizar el uso de agua fresca utilizando equipos adecuados.

En este caso se pueden substituir los sellos hidráulicos por sellos mecánicos especiales en las bombas, agitadores, refinadores y desfibradores. En esta forma se utilizará menos agua fresca. Se tiene el inconveniente de que en México no se tienen sellos mecánicos que reúnan las características adecuadas para el servicio y que las fibras y materiales en suspensión tienden a rayar los sellos mecánicos, además gran parte de las bombas son de servicio intermitente y se corre el peligro de que se peguen los sellos, no obstante, este punto es interésante y debe tomarse en cuenta ] para años venideros.

costo. [ Se puede economizar agua en bombas de vacío, en este caso particular basta con subsistir las bombas convencionales con sellos de agua por compresores tipo seco. La limitación es el costo del compresor, pero las subsituciones pueden hacerse paulatinamente aminorando así los costos que originan la modificación. ]

El aire frío que se usa en las calandrias es refrigerado por un ciclo frigorífico de amoníaco. El amoníaco, gas comprimido, se condensa con agua de un solo paso. Para eliminar este consumo de agua, la condensación se puede hacer por medio de aire.

## AGUA DE LAVADO

### 4.- Minimizar uso de agua fresca utilizada en lavados y diluciones.

En las plantas de papel existen demandas máximas (picos) de agua de proceso. Estas se dan cuando se tiene necesidad de limpiar y/o llenar el sistema para cambiar de color o de tipo de papel. Los picos pueden ser de 8000 á 9000 l/min., dependiendo del tamaño y tipo de máquinas. La frecuencia depende de la periodicidad con que se cambie de color, o tipo de papel.

El agua utilizada en estos casos se desecha, la única manera de finiquitar esta eventualidad es programando adecuadamente la producción de papeles afines para hacer el mínimo de cambios.

Otro problema de desperdicio de agua en esta industria, imposible de cuantificar, es el agua que se utiliza para limpieza ya que en la mayoría de las plantas de papel continuamente están lavando los pisos con agua fresca. La manera de atacar este problema es educar a los operarios de las máquinas en la necesidad de ahorrar agua.

Dentro del proceso también hay fugas por mala operación que no es posible cuantificar, tal es el caso de las purgas y sobre-flujos.

En lo que respecta a diluciones, otro punto donde se puede ahorrar agua fresca, es en la dosificación de químicos.

Así por ejemplo, el alumbre y el color se pueden adicionar en forma sólida al tanque de mezcla.

Por otra parte, se puede eliminar la dosificación de almidón interno agragando todo el almidón en la prensa de encolado.

### Conclusión.

Para el caso específico de la cuenca del Valle de México lo más adecuado es la recirculación de agua al máximo sin llegar a cerrar del todo el sistema.

El agua que se envía al drenaje, previamente tratada para que satisfaga los 5 parámetros básicos hasta la fecha reglamentados, sería la de elutriación de limpiadores terciarios, la de los rechazos de la criba vibratoria, el agua del enfriador de aceite de lubricación y una parte del agua de los sellos de las bombas de vacío que no se puede volver a circular en su totalidad porque causa problemas en los filtros instalados antes de los sellos.

El agua que se volverá a usar mediante tratamiento será todo el exceso de agua del proceso. En los diagramas del anexo I se presentan las recirculaciones recomendadas susceptibles de realizarse.

#### 1.4 COSTO DE LA TECNOLOGIA PARA ESTABLECER O MEJORAR LA RECIRCULACION DEL AGUA.

En el Valle de México las plantas de celulosa que existen generalmente están asociadas con una planta de papel o algunas veces con una planta de cartón por lo que existen las siguientes maneras de solucionar el problema:

1.4.1.a).- Tratar por separado los efluentes de las plantas de papel y los de la planta de pulpa en el proceso.

b) También por separado darles un tratamiento primario para cumplir con los reglamentos de descarga de aguas residuales.

1.4.2.a).- Juntar los efluentes de las plantas de pulpa y papel y tratarlos, para volver a usarlos en el proceso.

b) Igualmente juntarlos y tratarlos para cumplir con los reglamentos de descarga de aguas residuales.

c) Cuando no se tenga la planta integrada se puede tratar el efluente para volver a circular o para tirarlo al drenaje.

Para la aplicación del punto 1.4.2.b se recircula una cantidad mínima de agua con el fin de bajar la concentración de los contaminantes en la descarga, esto requiere que se disponga de una cantidad grande y barata de agua, cosa que no es factible en el Valle de México. Otro problema es si el reglamento de descarga de aguas residuales va a seguir siendo el mismo al pasar el tiempo o va a cambiar, lo que traería como consecuencia adiciones al proceso de tratamiento.



La aplicación del punto 1.4.2.a, tiene el siguiente inconveniente: Que gran parte del efluente de la máquina de papel es factible de volver a usar con un tratamiento primario y al juntarlo con el efluente para la planta de pulpa no sería factible utilizar esta agua solamente con un tratamiento primario.

Otro problema que se presenta general para el tratamiento de efluentes de la planta son las descargas imprevistas como son los sobreflujos y drenajes de tanques y equipos, esto hace variar la composición de las aguas residuales considerablemente.

Asimismo este problema existe para el punto 1.4.1.a

Para el caso del Valle de México el punto 1.4.1.b, no es aplicable y los incisos (a) y (b) del punto 1.4.2 aparentemente son los más atractivos, no obstante se debe hacer un estudio particular de cada caso con el fin de determinar qué es lo más adecuado.

Los siguientes puntos son de vital importancia para determinar qué alternativa es la más adecuada:

Red existente de drenajes, para todos los casos de tratamiento de los efluentes, es necesario contar con un sistema separado para el drenaje sanitario, pluvial y otro para el drenaje industria, ahora bien, cuando se quiera tratar por separado el drenaje de la planta de pulpa y de la de papel, es necesario contar con sistemas separados de drenajes para cada planta.

- Disponibilidad de terreno. Este factor es determinante para algunas plantas del Valle de México, si una alternativa es interesante pero no hay espacio disponible, no podrá llevarse a cabo.

- Inversión inicial
- Costos de operación
- Costos de mantenimiento
- Tiempo de amortización. Este período tiene que estar íntimamente ligado con la vida útil de la planta de pulpa.

Para lograr ésto, el equipo necesario es:

Un clarificador

Dos bombas de agua blanca

Una bomba de lodos

Una centrífuga

Un horno incinerador

Un tanque de bombeo

Un tanque de combustóleo

Una estación de combustóleo

1.5 LISTA Y LOCALIZACION DE LAS COMPAÑIAS IMPORTANTES  
DE ESTA INDUSTRIA.

CAJAS CORRUGADAS DE MEXICO,  
S.A.

Km. 23.5 Carretera México-  
Texcoco. Los Reyes, La Paz  
Edo. de México.  
Tel. 585-00-33

CARTON Y PAPEL DE MEXICO, S.A.

Km. 16.5 Carretera Tlalne-  
planta, Los Reyes, Edo. de  
México.  
Tel. 565-65-22.

CARTONERA GUADALUPE

Calz. Vallejo No. 1090  
Col. Industrial Vallejo  
México 16, D.F.  
Tel. 513-08-47

CARTONERA SAGO, S.A. DE C.V.

Km. 17 Carretera México-Pue-  
bla, Los Reyes, La Paz, Edo.  
de México.  
Tel. 513-28-47

EMPAQUES DE CARTON UNITED, S.A.

I. Zaragoza No. 15  
Cd. López Mateos, Edo. de-  
México.  
Tel. 397-37-38

EMPAQUES MODERNOS SAN PABLO

Pro1. 150 Poniente s/n.  
San Pablo Xalpa  
Tlalpan, Edo. de México

KRAFT, S.A.

Pelícano No. 79  
Col. Granjas Modernas.  
México 14, D.F.  
Tel. 577-07-11

CIA. DE LAS FABRICAS DE PAPEL SN. RAFAEL Y ANEXAS, S. A.	"San Rafael" Municipio de Tlalmanaco Distrito de Chalco Edo. de México.
	"El Progreso Industrial" Villa Nicolas Romero Distrito Tlalnepantla Edo. de México.
CIA. INDUSTRIAL DE SAN CRISTOBAL, S. A.	Km. 221/2 Carretera México Laredo Ecatepéc de Morelos Edo. de México Tel. 5-69-33-22
CIA. PAPELERA EL FENIX, S.A.	Av. Río Consulado #375 Col. Arenal México 15, D. F. Tel. 547-46-60
FABRICA DE PAPEL COYOACAN, S. A.	Calle de Fernández Leal # 60 al 82 Coyoacán 21, D. F. Tel. 549-95-00
FABRICA DE PAPEL "LA SOLEDAD"	Km. 20.7 Carretera Méx. Texcoco. Los Reyes de la Paz, Edo. de México Tel. 5-13-23-79
FABRICA DE PAPEL MEXICO	Km. 24.4 Antigua Carretera México, Puebla, Tlalpizahua, Edo. de Méx.
FABRICA DE PAPEL SN. JOSE, S.A.	Km. 20.5 Carretera Méx. Texcoco., Los Reyes de La Paz, Edo. de México Tel. 5-13-45-02
FABRICA DE PAPEL SANTA CLARA, S. A.	Km. 17.5 Antigua Carretera México-Laredo Sta. Clara, Edo. de Méx. Tel. 5-69-32-34

FCA. DE PAPEL LORETO  
Y PEÑA POBRE.

"Peña Pobre"  
Av. San Fernando #329  
México 22, D. F.  
Tel. 5-73-47-33

KIMBERLY CLARK DE MEXICO  
S. A.

Av. Uno # 9  
Naucalpan de Juárez  
Edo. de México  
Tel. 5-76-10-22

LAMINAS ACANALADAS  
INFINITA, S. A.

Km. 14.5 Carretera Méx.  
Laredo, Sta. Clara  
Edo. de México  
Tel. 5-69-38-22

MADRUEÑO Y CIA., S. A.

Km. 30.5 Carretera Federal  
México-Puebla  
Ixtapaluca, Edo. de Méx.  
Tel. 37 y 39

MANUFACTURERA DE PAPEL  
BIDASOA, S. A.

Av. Hidalgo 122  
Barrio Sta. Catarina  
Azcapotzalco  
México 16, D. F.  
Tel. 5-61-00-03

NEGOCIACION PAPELERA  
MEXICANA, S. A.

Laguna de Mayran #200  
México 17, D. F.  
Tel. 5-45-63-15

PAPELERA ATLAS, S. A.

Av. 16 de Septiembre # 25  
Naucalpan de Juárez  
Edo. de México.  
Tel. 5-76-59-00

PAPELERA IRUÑA

Calz. Tulyehualco # 5921  
México 13, D. F.  
Tel. 5-82-60-11

SONOCO DE MEXICO, S. A.

Km. 15.5 Carretera Méx.  
Laredo, Sta. Clara  
Edo. de México  
Tel. 5-69-32-88

CELULOSA Y FIBRAS NACIONALES, S.A.	Km. 31.5 Carretera México Texcoco. Santiago Cuautlal pan, Texcoco, Edo. de México
FABRICA DE CELULOSA EL PILAR, S.A.	Km. 24.600 Antigua Carretera México-Puebla. Ayotla, Edo.- de México. Tel. 513-05-27.
CELULOSAS Y FIBRAS NACIONALES	Rey Maxtla No. 187, Fracto. - Industrial San Antonio, Méxi- co 16, D.F.
CELULOSA PIRAMIDE, S.A.	Prol. Sur Venturina No. 24 Col. Estrella. México 14, D.F. 517-50-48
EL PROGRESO INDUSTRIAL	Villa Nicolás Romero Distri- to de Tlalneplanta, Estado - de México.
DESTILACIONES QUIMICAS, S.A.	Calle Acero No. 16 Xalostoc, Edo. de México 569-25-18

2.0 CLASIFICACION DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES

## 2.1 DESCRIPCION DEL PROCESO

En la industria del papel existen 5 tipos de fábricas.

- a) Fabricación de papel higiénico y facial.
- b) Fabricación de papel Bond.
- c) Fabricación de cartón.
- d) Fabricación de celulosa al sulfato (Kraft)
- e) Fabricación de celulosa a la sosa.

Las tres primeras fábricas utilizan como materia prima los productos que se obtienen en las otras dos por lo que se considera pertinente, presentar un proceso típico de la fabricación del papel Bond y un proceso típico de la fabricación de celulosa al sulfato.



### 2.1.1 DESCRIPCION DEL PROCESO PARA CELULOSA AL SULFATO

Se escoge como proceso típico de obtención de celulosa al sulfato el de la obtención de celulosa blanqueada. A nivel nacional este proceso representa el 37.33% de la producción total de celulosa al sulfato, el resto es sin blanquear, sin embargo para el caso específico del Valle de México, el proceso de celulosa blanqueada sí es representativo.

La pulpa de madera por el proceso Kraft (al sulfato) se obtiene a partir de madera suave (pinaceas) sometiéndola a un tratamiento de cocción con una solución de sulfuro de sodio y sosa cáustica, a esta solución se le conoce con el nombre de licor blanco, una vez cocida la pulpa pasa por procesos de depuración y blanqueo y queda lista para pasar a la elaboración de papel.

Cuando la pulpa se va a utilizar para papel de envoltura o para "liner" de cartón no pasa por el proceso de blanqueo.

Básicamente el proceso de fabricación de papel se compone de las siguientes etapas:

Patio de madera

Cocimiento

Lavado de pulpa café

Depurado de pulpa café

Espesado de pulpa café

Blanqueo

Laminadora de pulpa

Recuperación de químicos

Patio de Madera.

Esta etapa consiste en la preparación que se le da a la madera para que pueda ser convenientemente pasada a la etapa de cocimiento esta preparación consiste de: descortezado, astillado, almacenamiento y dosificación de astillas.

Descortezado.- El descortezado se hace con el fin de eliminar material que contenga poca celulosa y eleve el consumo de reactivos durante el cocimiento, como es el caso de la corteza de los troncos, el descrotezado puede ser:

- mecánico
- hidráulico
- mecánico-hidráulico
- manual
- químico

El descortezado mecánico se hace en la planta (patio de madera) por medio de fricción mecánica entre los troncos o entre los troncos y cadenas o bien haciendo pasar los troncos por un serie de cuchillas. El inconveniente de estas técnicas es que las pérdidas de fibra son altas (de 0.8 a 4%).

El descortezado hidráulico se hace en la planta por medio de agua a alta presión. Los consumos de agua y energía son altos y aún cuando el agua puede ser de recirculación, las pérdidas son altas 4 á 6%. Este tipo de descortezado no es el adecuado para utilizar se en el Valle de México.

El descortezado mecánico-hidráulico es una combinación de los dos anteriores.

El descortezado manual puede hacerse en la planta (patio de madera) o en el bosque. Este descortezado tiene la ventaja de que no utiliza agua y que el grado de descortezamiento es muy bueno. Las ventajas que tiene este método son un costo elevado y altas pérdidas de fibra (7% aproximadamente). Este procedimiento se ha ido popularizando en México principalmente entre las compañías que explotan bosques ejidales, ya que se han adoptado políticas de dar trabajo al ejidatario o comunero.

El descortezado químico se hace en el campo cuando el árbol está en pie. Se quita una parte de la corteza y se le unta una sustancia química que lo seca y lo descorteza.

Este método no se utiliza en México, tiene la ventaja de que no hay pérdida de fibras y de que el descortezado es de muy buena calidad, la desventaja que tiene es que la corteza desprendida ensucia los bosques, por lo que hay que recolectarla, lo cual incrementa el costo, no obstante es más barato que el descortezado manual.

Para el proceso que se analiza, los troncos llegan descortezados a la planta, y únicamente son lavados para pasarlos a la astilladora.

Astillado.- El astillado es el proceso mecánico de corte de los troncos o ramas en trozos (astillas) de dimensiones adecuadas, para dar una mayor superficie de contacto a la madera con los reactivos de cocimiento. Se debe tener un tamaño más o menos uniforme de astilla con el objeto de que toda la pulpa obtenida después del cocimiento tenga la misma calidad.

Después que la astilla ha sido producida pasa por una criba vibratoria donde son separadas las astillas que tienen un tamaño mayor a lo deseado, las astillas aceptadas son depositadas en el patio de madera y los rechazos son pasados de nuevo por la astilladora y recirculados a la alimentación de la criba vibratoria.

Del almacenamiento las astillas son llevadas a los cocedores por medio de transportadores mecánicos o neumáticos.

Durante el astillado se pierde aproximadamente 1.5% como aserrín.

### Cocimiento

La madera seca tiene una composición aproximada de:

52 - 58%	celulosa
10 - 12%	hemicelulosa
28 - 30%	lignina
1 - 8 %	resinas

La madera como se trae de los bosques tiene una composición de 60 - 80% madera seca y 20 - 40% de agua.

El proceso de cocimiento equivale a una ruptura de la relación celulosa lignina con el fin de separar las fibras.

Esta ruptura se hace poniendo en contacto las astillas con el licor de cocimiento, los principales componentes de esta solución son sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), hidróxido de sodio ( $\text{NaOH}$ ), y carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), este último en una proporción muy baja, esta solución tiene la propiedad de que solubiliza la lignina pero también ataca en menor grado a la celulosa y las hemicelulosas.

Es muy importante que no se ataque la celulosa ya que ésta se descompone en ácidos orgánicos. Es importante conservar las hemicelulosas con la pulpa, ya que dan resistencia al papel. Una parte de las hemicelulosas se oxidan hasta producir agua y bióxido de carbono.

De la resina de la madera, una parte se solubiliza y la otra (trementina) se volatiza y sale del cocedor junto con otras sustancias producidas (mercaptanos y otros compuestos volátiles).

A la solución que queda después del cocimiento se le conoce con el nombre de licor negro.

Secuencia del cocimiento. La operación del cocimiento es por lotes, la astilla es alimentada al cocedor por medio de una válvula rotatoria a continuación se inyecta el licor de cocimiento y al mismo tiempo se le extrae el aire y se inicia el calentamiento del cocedor con vapor, luego viene el tiempo de cocimiento, después la desgasificación y por último la descarga del tanque de soplado.

Carga de astilla	20 - 60 minutos
Carga de licor	20 - 40 minutos
Calentamiento	45 - 90 minutos
Cocimiento	90 minutos
Desgasificación	20 minutos
Descarga	15 - 20 minutos

El tiempo promedio total que dura un cocimiento es de 4 horas, la temperatura varía entre 140 y 180 °C y la presión de 7 Kg/cm<sup>2</sup>.

La consistencia en el tanque de descarga es de 12% y se diluye a 3% para pasarla a la etapa de lavado, esta dilución se hace con licor negro.

Durante la descarga al tanque de soplado, una cantidad de agua queda atrapada entre las fibras y al reducirse la presión esta agua se evapora dando como resultado una separación de las fibras, durante la operación de soplado se desprende gran cantidad de vapor a la atmósfera.

El rendimiento que tiene la operación de cocimiento es de 35 a 50% y se define como la relación en peso de la pulpa a la madera, ambas secas a la estufa.

Lavado de pulpa café.

La pulpa que proviene del tanque de soplado se pasa por una criba vibratoria donde se le separan los nudos de la madera, a continuación se pasa por una serie de tres lavadoras donde se le separa el licor negro.

Las lavadoras son filtros rotatorios de tambor. El filtrado de la primera lavadora es licor negro que pasa por un segundo filtro de tambor y se envía a recuperación de químicos. El filtrado de la segunda lavadora se bifurca, una parte se usa en las regaderas de la primera lavadora y el resto sirve de dilución de la torta que de la primera pasa a la segunda lavadora. El filtrado de la tercera lavadora tiene el mismo uso que el de la segunda, una parte va a las regaderas de la segunda y la otra a diluir la torta que entra a la tercera. En las regaderas de la tercera lavadora se usa agua fresca caliente.

Las consistencias a las entradas de las lavadoras son de 1-1.5% y la descarga de la última es de 3 á 10%.

Las pérdidas de fibra durante el lavado son de aproximadamente 5%.

Depurado de pulpa café.

A continuación la pulpa café es diluída y pasada por una criba vibratoria, y por dos cribas rotatorias en serie donde las impurezas son separadas por diferencia de tamaño, posteriormente pasan por una limpieza de tres etapas en limpiadores centrífugos, aquí se separan las impurezas por diferencia de peso específico. El aceptado de la primera etapa se alimenta al espesador. El rechazado de la primera etapa pasa a la segunda y el de la segunda a la tercera, los aceptados de ambas etapas se recirculan al proceso y los rechazos del tercer paso se mandan al drenaje.



La consistencia en el paso de lavado es de 0.5 á 1%.

Espesado de pulpa café.

A continuación la pulpa café pasa por un filtro de tambor donde es "espesada" hasta una consistencia final de 10%, la pulpa es enviada a un tanque de almacenamiento y el filtrado (agua blanca) es utilizado en diluciones en diferentes partes del proceso.

Blanqueo de pulpa.

Después del espesado la pulpa se pasa a la planta de blanqueo.

El blanqueo consiste en la eliminación de compuestos colorantes por medio de reactivos que no dañen la fibra, los compuestos colorantes son : lignina, corteza, grasa y ácidos resínicos.

La pulpa sin blanquear llega a la planta a un grado de blancura de 25 á 65 °GE y sale blanqueada a 80-85 °GE. El grado GE es una medida comparativa de blancura, se considera que el óxido de titanio tiene una blancura de 100 °GE.

Durante el blanqueo hay una pérdida de material de 5 á 10%.

El blanqueo se hace en cinco etapas:

- a) Cloración.
- b) Extracción cáustica

- c) Blanqueo con hipoclorito de sodio.
- d) Extracción cáustica.
- e) Blanqueo con hipoclorito.

Cloración.- Esta etapa equivale a una continuación del cocimiento y eliminación de lignina. La cantidad de cloro consumida varía de 5 á 10%, en peso sobre pulpa seca.

Extracción cáustica.- Durante el paso de cloración o de blanqueo se forman compuestos ácidos (cloro-lignina principalmente) los cuales son eliminados por medio de la extracción alcalina que consiste en hacer reaccionar la pulpa con un solución de sosa cáustica. La cantidad adicionada es de 2.5 á 4% en peso sobre pulpa seca para la primera extracción y de 0.7 á 1% para la segunda extracción.

Blanqueo con hipoclorito.- Este paso equivale a una afinación en la eliminación de lignina y compuestos colorantes. El consumo de hipoclorito de sodio es de 1.5 á 2.2% en peso sobre pulpa seca para la primera etapa y de 0.7 á 1% para la segunda.

Entre cada una de las etapas de blanqueo existe una lavadora que es un filtro de tambor, el filtrado que se separa de estas lavadoras (agua blanca) es utilizada para diluciones en el proceso.

A continuación la pulpa blanqueada es enviada a un tanque de almacenamiento, de este tanque, la pulpa es diluída y enviada a la planta de papel si se trata de plantas integradas o bien enviada a la laminadora de pulpa.

### Laminadora de pulpa

La pulpa proveniente del almacenamiento a una consistencia del 3%, es pasada por una máquina donde se forma una lámina de pulpa a una consistencia de 27%. La lámina es formada en un tambor giratorio expuesto al vacío, guiada por una serie de rodillos para que pase por tres cajas de succión y una prensa.

La pulpa en láminas queda lista para ser enviada a otras plantas.

El agua blanca que se desprende en la laminadora tiene una pureza aceptable para ser utilizada en dilución en cualquier parte del proceso.

Recuperación de Químicos.

El licor negro separado durante el lavado contiene una gran cantidad de sales inorgánicas, una parte de este licor se recircula a cocimiento y la otra se envía a recuperación; las sales son recuperadas mediante la siguiente secuencia:  
Evaporación de licor negro.

Quemado de licor negro.

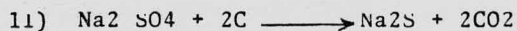
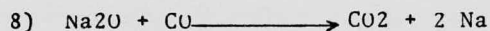
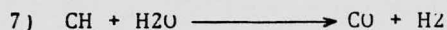
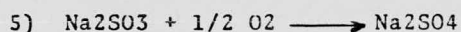
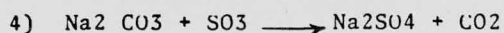
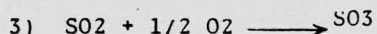
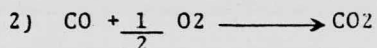
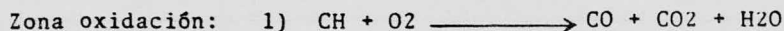
Caustificación.

Evaporación de licor negro.- El licor proveniente de las lavadoras, con una concentración de 16 á 18%, es pasado por un filtro autoclave donde le son separadas las fibras que arrastra, de ahí se manda a una serie de evaporadores de contacto indirecto de 5 efectos, donde se concentra de 50 á 60%. A continuación se hace pasar por un evaporador de ciclón o de tambor, donde el licor entra en contacto con gases de combustión y la concentración de sólidos se incrementa de 2 á 5%.

Quemado de licor negro.- El licor contiene compuestos orgánicos, los compuestos orgánicos le dan un poder calorífico tal que lo hacen apto para la combustión, durante este proceso el calor desprendido es utilizado para la generación de vapor. El equipo donde se lleva a cabo este proceso se llama caldera de recuperación.

Las pérdidas de materias inorgánicas durante el cocimiento son adicionadas antes de la caldera de recuperación en forma de sulfato de sodio.

En la caldera de recuperación existen tres zonas de reacción: zona de oxidación, zona de secado y zona de reducción, las reacciones más importantes que se llevan a cabo son:



La reacción más importante es la número 11 y su grado de conversión da la eficiencia de la caldera.

La eficiencia de reducción es del orden de 92%.

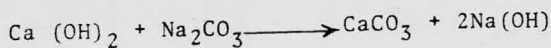
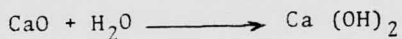
El compuesto más importante en el cocimiento es el sulfuro de sodio ( $Na_2S$ ), se llama proceso al sulfato debido a que este es el compuesto que se agrega como repuesto más no porque el sulfato sea el material activo.

Las cenizas que contienen los materiales inorgánicos son pasadas a un tanque de fundido donde son diluidas con un licor débil proveniente del área de caustificación, una reacción importante que se produce en este tanque es:



A la solución de todos los materiales inorgánicos en licor débil (o agua) se le conoce con el nombre de licor verde.

Caustificación.- El licor verde proveniente de la caldera de recuperación es bombeado al área de caustificación donde se le agrega óxido de calcio (CaO), con el fin de transformar el carbonato de sodio inactivo en hidróxido de sodio activo:



La solución resultante de este proceso se conoce con el nombre de licor blanco, este licor es bombeado al área de cocimiento donde se mezcla con licor negro para formar el licor de cocimiento.

El carbonato de calcio es separado por medio de un filtro de tambor. Los lodos, son pasados por un nuevo filtro de tambor donde se le extrae en forma de solución (filtrado), el sodio que todavía tienen. Este filtrado se conoce con el nombre de licor débil y se envía al tanque de fundido para la formación de licor verde.

La cantidad de óxido de calcio utilizado en caustificación es de 300 Kg. por tonelada, de pulpa seca.

Los lodos agotados son enviados a fosas hechas para tal fin o son mandados a un horno rotatorio donde se recupera el óxido de calcio.



En México no es muy común poner hornos de cal debido a que el óxido de calcio es muy barato, pero se tiene que hacer debido, sobre todo, a problemas de contaminación.

~~A~~

2.1.2.- DESCRIPCION DEL PROCESO PARA LA FABRICACION DEL PAPEL BOND.

En el anexo II se presenta el diagrama de flujo simplificado del proceso.

El papel se obtiene mediante la mezcla de fibras de celulosa, agentes encolantes, cargas y rellenos.

El proceso de fabricación de papel puede o no estar integrado a una planta de pulpa. En este estudio se analizan las plantas no integradas, que representan la mayoría de las existentes en el Valle de México, dando alternativas para las plantas integradas.

Las variantes que tiene el proceso de fabricación dependen del tipo de papel que se va a obtener y del peso base (gramos por m<sup>2</sup>) del mismo.

Básicamente el proceso de fabricación de papel consiste en dos etapas; la preparación de pasta y la máquina de papel. Se da el nombre de pasta al producto intermedio de la fabricación del papel constituido por una suspensión de celulosa y sustancias químicas.

El proceso de preparación de pasta son los tratamientos mecánicos, químicos y de limpieza que se dan a la fibra de celulosa para obtener un papel de las características deseadas.

La máquina de papel es la parte del proceso donde se forma y se seca la hoja.



Se ha seleccionado como proceso típico para la elaboración de papel, el tipo bond que es el más común.

#### Preparación de pasta.

La materia prima para la preparación de pasta es la fibra de celulosa. Las fuentes principales de celulosa son: celulosa de madera y la celulosa de bagazo que se obtiene principalmente por el proceso de la sosa. Algunas veces se utiliza la pasta mecánica que es celulosa de madera sin cocimiento o la celulosa de otras fibras.

La celulosa de bagazo es una fibra corta, por lo que la elaboración del papel bond no es factible de llevarse a cabo, únicamente con pulpa de bagazo; ante esta eventualidad se recurre a mezclarla con una pulpa de fibra larga. Las proporciones de mezclas más usuales son: pulpa de bagazo, de 40 á 70%; pulpa de madera (kraft) de 30-60%. Se puede hacer papel con pulpa de fibra larga exclusivamente pero se tiene el inconveniente del alto costo de la madera, por lo que la tendencia en los próximos años es utilizar mezclas de pulpa como materias primas.

La preparación de pasta se inicia con la elaboración de una suspensión acuosa de celulosa a una consistencia de 4 á 6%, (por cada kilogramo de suspensión del 4 á 6% es celulosa). Esta operación se hace en los equipos denominados desmenuzadores, (1) que son recipientes con agitadores donde se da una batida muy vigorosa para formar la suspensión. La suspensión pasa al tanque de pulpa (2) ó al tanque de merma (5).

Dependiendo de la materia prima, existen dos procesos para preparar la fibra.

1.- Cuando la suspensión que se forma en la desmenuzadora es exclusivamente a base de celulosa, ésta pasa al tratamiento de refinación (3); la refinación es un tratamiento mecánico que básicamente consiste en triturar y cortar la fibra. Los refinadores pueden ser de disco o cónicos. En ellos, la fibra es forzada a pasar entre dos superficies metálicas una de las cuales es fija.

La refinación se lleva a cabo a una consistencia de 4%.

Los efectos que se logran sobre la fibra son los siguientes:

- Fractura y separación parcial de la pared de la fibra.
- Fibrilación o formación de pequeñas fibras o fibrillas a lo largo de la fibra.
- Disminución de la longitud de la fibra.
- Aumento de flexibilidad de la fibra.
- Hidratación de la fibra.

Una vez que la fibra ha recibido este tratamiento pasa al tanque de pulpa refinada (4) y de ahí se dosifica al tanque de mezcla (9).

2.- Cuando la suspensión que se forma en la desmenuzadora es a base de merma, nombre que se le da al papel de desperdicio del proceso, ésta pasa a un depurador de alta densidad (6) donde se le separan impurezas por diferencia de densidades, tales como arena y sólidos pesados.

Del depurador pasa a un desfibrador (7) donde se separan todos los pequeños grupos de fibras que aún permanecen unidos. Esta operación se lleva a cabo a una consistencia de 3.5%.

Una vez que la fibra ha pasado por estos tratamientos se envía al tanque de almacenamiento de merma (8) y de ahí se dosifica al tanque de mezcla (9).

Ya que las operaciones de desmenuzado y mezclado son intermitentes, y que las de refinación, depurado y desfibrado son continuas, se dispone de tanques que amortiguan las variaciones de flujo. En el tanque de mezcla, donde se mantiene una agitación vigorosa, se añaden a la pulpa los tratamientos químicos que le imparten ciertas propiedades características al papel.

Los tratamientos más utilizados son:

- Encolado interno (A)
- Adición de cargas y rellenos (C)
- Adición de colorantes (D)
- Adición de precipitantes (B)
- Adición de químicos especiales

Encolado interno.

El encolado interno tiene como funciones principales las siguientes:

- Prevenir el corrimiento de la tinta al escribir.
- Hacer el papel más resistente a la penetración del agua y vapores.
- Dar solidez a la hoja y endurecerla.
- Aumentar la resistencia de fibras y cargas.

Los materiales más comunmente utilizados para estos fines son las resinas y la brea de aceite de bogol. Para estabilizar el encolante se suele agregar además una proteína o caseína.

La cantidad de encolante agregada es de 2 á 3% en peso, con respecto a la pulpa, base seca y se agrega en forma de solución del 3 á 5%.

Algunas veces se adiciona almidón como encolante interno pero tiene la desventaja de su bajo poder encolante aún cuando mejora la resistencia a la abrasión. La cantidad que se adiciona varía de 1.5 á 2.0% en peso, con respecto a la pulpa, base seca y se agrega en forma de suspensión de 5 á 8%.

Cargas y rellenos.

Las cargas son materiales de alta densidad que se incorporan a la fibra con el fin de:

- Mejorar su opacidad.
- Eliminarle irregularidades.
- Mejorar su calidad de impresión.
- Mejorar su blancura.

El material más utilizado es el caolín libre de hierro. La cantidad adicionada varía de 5 á 20% en peso, con respecto a la pulpa, base seca, y se agrega en forma de sólido finamente dividido. Algunas veces se agrega bióxido de titanio con el objeto de mejorar la blancura y opacidad. Este material es caro y sólo se utiliza en papeles muy finos.

Colorantes.

Estos se agregan cuando se desea que la hoja sea de un color específico. Para papeles blancos es práctica común agregar un colorante óptico, el más usado es el azul y se agrega en tal cantidad que no es perceptible por el ojo humano pero que con el color amarillento de la fibra produce un efecto óptico de neutralización dando un

color más blanco; asimismo, tiene por objeto dar una prolongación óptica del color blanco ya que la pulpa tiende a volverse amarilla conforme pasa el tiempo. El colorante que se utiliza con más frecuencia es el azul de prusia.

Precipitante.

El agente precipitante que más se utiliza es el alumbre de aluminio  $AL_2(SO_4)_3$  y sirve para ayudar a la precipitación y fijación de los materiales no fibrosos sobre la fibra. La cantidad adicionada es de 1.5 partes de alumbre por una parte de encolante y suele adicionarse en forma de solución en la misma proporción que el encolante. Este material causa serios problemas en la recirculación del agua e imparte características ácidas a las aguas que se obtienen durante la formación de la hoja (aguas blancas).

Químicos especiales.

Se suelen agregar otros agentes químicos como son fungicidas, antiespumas, y emulsificantes.

Una vez que se han adicionado los químicos, la pasta se envía al tanque de máquina (10), se diluye al 3.5% y pasa por un refinador (11) donde se le vuelve a dar tratamiento mecánico. De ahí, pasa a la caja de paso (12), se diluye con una gran corriente de agua blanca hasta una consistencia de 0.25 á 1.0% y se envía a la sección de limpieza.

La limpieza se lleva a cabo en dos etapas. En la primera se hace pasar la pasta por tres limpiadoras ciclónicas (13), (14) (15) y en la segunda por una criba a presión (16).

El paso de la limpieza es importante ya que de lo limpio que esté la pasta depende en gran parte la calidad del papel.

La pasta limpia pasa a la máquina de papel.

Máquina de papel.

La máquina de papel consiste de las siguientes partes:

- Sección de formación de la hoja.
- Sección de prensado.
- Sección de secado.
- Sección de encolado externo.
- Sección de calandrado.

Las secciones de formación de la hoja y prensado se conoce como la parte húmeda de la máquina de papel.

Sección de formación de la hoja:

Esta sección consiste básicamente de la caja de entrada y la mesa fourdrinier.

Caja de entrada (17)

Las funciones básicas de la caja de entrada son:

- Mantener constante flujo de pasta proveniente de la criba a presión.
- Proporcionar un flujo libre de turbulencias y espumas.
- Proporcionar un flujo uniforme a todo lo ancho de la mesa fourdrinier.

- Mantener una dispersión uniforme de fibras y químicos.

Estos efectos se logran mediante los distribuidores de flujo, los rodillos y manteniendo una presión constante dentro de la caja.

#### Mesa Fourdrinier (18)

Es la parte de la máquina donde se forma la hoja y consiste básicamente en una malla móvil apoyada sobre rodillo. Básicamente la hoja se forma al eliminar el agua de una película de pasta. En la primera parte de la mesa el agua se separa de la suspensión por gravedad y en parte final por medio de succión (vacío).

Durante la formación de la hoja la mesa tiene un movimiento vibratorio transversal que tiene por objeto entrelazar las fibras dando así al papel resistencia a la tensión en ambas direcciones (longitudinal y transversal). De no ser por este movimiento vibratorio las fibras se orientarían en la dirección longitudinal a la mesa dando como resultado un papel con resistencia transversal a la ruptura demasiado baja.

El agua separada en la mesa se denomina agua blanca debido al color que le dan los químicos que arrastra en solución y en suspensión.

Es muy importante que la suspensión de pasta tenga una temperatura fija de aproximadamente 39-40 °C ya que un cambio en la temperatura ocasiona un cambio en la viscosidad del agua y esto origina un cambio en la velocidad de separación de los sólidos

suspendidos en el agua.

La velocidad que se le da a la mesa y a la máquina en general, depende básicamente del peso base del papel que se va a obtener. Las variaciones de consistencia en la mesa son las siguientes:

Salida de caja de entrada	0.6 - 1%
Rodillos desgotadores:	1.5 - 2.5%
Final de cajas de succión:	10 - 14%
Final cilindro de succión:	16 - 18%

#### Sección de Prensas (19)

Una vez formada la hoja, en la mesa fourdrinier, se pasa a la sección de prensado. Esta sección tiene por objeto:

- Aumentar la consistencia de la hoja mediante la eliminación de agua libre.
- Transportar la hoja al secador sin ser destruída.
- Cambiar las propiedades de superficie de la hoja.

El prensado se hace por medio de dos prensas.

Cada prensa consta de dos rodillos de prensado entre los cuales pasa la hoja. En cada una de las prensas uno de los rodillos está conectado a un sistema de vacío. El agua se separa por la presión mecánica y el vacío de los rodillos.

Cada una de las prensas tiene un sistema hidráulico de presión un fieltro y rodillos auxiliares para dirigir la hoja de papel.



En la sección de prensas se recortan las orillas de la hoja por medio de un chorro de agua proveniente de las regaderas de corte. El agua y los recortes caen a la fosa de prensas donde son agitados, diluídos y retornados a la desmenuzadora principal.

La consistencia a la salida de las prensas es de 32-44%.

#### Sección de secado (20)

En esta sección la hoja pasa por una serie de rodillos calentados interiormente con vapor donde se elimina la humedad remanente hasta obtener un papel con un contenido de humedad de 4 á 6%. No es económico secar más el papel ya que necesitaría un secador de gran tamaño.

El secador consta generalmente de cuatro secciones de secado. La primera sección de secado consta de 4 á 6 rodillos, la segunda de 8 á 12, la tercera de 18 á 24 y la cuarta (22) de 10 á 12. Los rodillos están arreglados en dos filas, una superior y otra inferior. Entre la tercera y la cuarta sección se coloca la prensa de encolado (21) (encolado externo). La prensa de encolado consta de dos rodillos principales en los cuales se lleva a cabo el encolado y de los rodillos directores de la hoja. En la prensa de encolado la humedad de entrada de la hoja debe ser entre 5 y 7%. El encolante externo que se agrega es almidón preparado en un cocedor intermitente. La cantidad adicionada es de 1 á 2% sobre el preso de la pulpa.

#### Sección de calandrado (24)

Una vez que la hoja ha sido secada pasa a la sección de calandrias donde se ajusta la calibración del espesor del papel por medio de unos rodillos.

Después del calandrado el papel es embobinado (25) y queda listo para pasar a la planta de acabado.

Si el papel no es del peso base adecuado y/o su espesor no es uniforme se regresa a la desmenuzadora (merma) para su procesado.

#### Aguas blancas.

Las aguas blancas que se obtienen de la mesa Fourdrinier son utilizadas para dilución. Su inyección se hace en la succión de la bomba de alimentación a limpiadores primarios. El exceso de agua blanca de la mesa Fourdrinier, con 0.25% de consistencia, se pasa por un filtro de discos donde se recupera la fibra y se obtiene agua blanca a una consistencia de 0.10%. La fibra recuperada se recircula a la sección de preparación de pasta y el agua blanca se vuelve a circular para el control de consistencia, para las diluciones durante la preparación de la pasta y en las regaderas de la máquina de papel.

#### SERVICIOS AUXILIARES.

##### Vapor:

La planta debe contar con dos circuitos de vapor, uno de alta presión (17.6 Kgs/cm<sup>2</sup>) y otro de baja (3.52 Kgs/cm<sup>2</sup>).

A

El vapor de alta presión se usa para mover la turbina de la máquina de papel (1000 BHP APX) y la turbina de la bomba de abanico (500 BHP APX). El vapor de escape de las turbinas se incorpora al circuito de baja presión. Los consumos de vapor de alta y de baja presión son casi iguales.

Tratamiento de agua.

La planta de papel normalmente cuenta con equipos para tratamientos externos del agua necesaria en las calderas.

Agua de enfriamiento.

Dependiendo del número de máquinas de papel y de si la planta es o no integrada se justifica tener un circuito de agua de enfriamiento o tener un sistema abierto y utilizar agua caliente en el proceso.

## 2.2.- USOS DEL AGUA Y FUENTES DE SUMINISTRO

Fuentes de suministro.

Se clasifican de acuerdo con su origen como:

- a) Red municipal.
  - b) Agua de lluvia.
  - c) Agua superficial: río ó laguna
  - d) Agua del subsuelo: pozo profundo ó galería filtrante.
- a) Este tipo de agua es de suministro para plantas que se encuentran en perímetros industriales, urbanos y suburbanos.

- b) No se puede disponer fácilmente en grandes cantidades de esta agua, por consiguiente, no es de importancia práctica en la fabricación de papel.
- c) Estas aguas incluyen aguas de corrientes, lagunas y lagos. Constituyen un gran porcentaje de los requerimientos para las fábricas.
- d) Proviene de pozos y manantiales y frecuentemente contienen grandes cantidades de materiales minerales disueltos. Compuestos que se encuentran en los suministros de agua y su solubilidad aproximada en agua fría, en equivalentes por millón (ppm X valencia / peso equivalente ). Se pueden observar en la Tabla I.  
La solubilidad de algunos de estos compuestos puede ser afectada por otros factores.

Para fines de este estudio, se toma como referencia el agua de la red municipal, ya que es de esta fuente de suministro de la que más información se obtiene.

Tabla 1.

Compuesto	Solubilidad aproximada en agua fría e.p.m.	Compuesto	Solubilidad aproximada en agua fría e.p.m.
Oxido de aluminio	0.033	Hidróxido de magnesio	0.0145
Carbonato de calcio	0.135	Sulfato de magnesio	2 820
Cloruro de calcio	5 360.000	Bióxido de silicio	0.058
Hidróxido de calcio	21.6	Bicarbonato de sodio	1 132
Sulfuro de calcio	14.8	Carbonato de sodio	1 132
Hidróxido férrico.	Despreciable	Cloruro de sodio	5 490
Oxido férrico	Despreciable	Hidróxido de sodio	18 650
Carbonato de magnesio.	1.25	Sulfato de sodio	1 315
Cloruro de magnesio.	4 825.000		

A.- Características de la red general de distribución.

Las características de la red interna son:

pH	7.5	
T	25	°C
S.S.	0	ml/l
GRA	0	ppm
MF	0	g/l
STF	400	ppm
SDF	350	ppm
SSF	50	ppm
DT	155	ppm
Ca <sup>2+</sup>	20	ppm
Mg <sup>2+</sup>	20	ppm
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	10	ppm
CL <sup>-</sup>	15	ppm
N <sub>2</sub> (de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.5	ppm
SiO <sub>2</sub>	80	ppm
Fe <sup>++</sup>	15	ppm

Las aplicaciones que se le da al agua dentro de esta industria son:

- a).- Agua para generación de vapor.
- b).- Agua de proceso.
- c).- Agua de enfriamiento.
- d).- Agua para servicios generales.

CARACTERISTICAS DEL AGUA FRESCA PARA LA  
 FABRICACION DEL PAPEL. (TABLA 2 ).  
 (cantidades expresadas en p.p.m.)

Producto	Papel fino	Papel Kraft.		Papeles con pasta mecánica	Pulpa a la sosa y al sulfato
		Papel blanqueado	sin blanquear		
Turbiedad como SiO <sub>2</sub>	10	40	100	50	25
Color en unidades de Pt	5	25	100	30	5
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	100	100	200	200	100
Dureza de calcio como CaCO <sub>3</sub>	50	-	-	-	50
Alcalinidad M. O. como CaCO <sub>3</sub>	75	75	150	150	75
Hierro como Fe <sup>++</sup>	0.1	0.2	1.0	0.3	0.1
Manganeso como Mn <sup>++</sup>	0.05	0.1	0.5	0.1	0.05
Cloro residual como Cl <sub>2</sub>	2.0	-	-	-	-
Sílice (soluble) como SiO <sub>2</sub>	20	50	100	50	20
Sólidos totales disueltos	200	300	500	500	250
Bióxido de carbono como CO <sub>2</sub>	10	10	10	10	10
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	75	200	200	75	75
Dureza de magnesio como CaCO <sub>3</sub>	50	-	-	-	50

a).- Agua para generación de vapor.

Los equipos que emplean esta clase de agua son únicamente las calderas. La calidad del vapor que se requiere demanda una fuerte de suministro de agua que puede ser un ablandador cal-zeolita en caliente, cal-zeolita en frío o bien desmineralización, para el caso de utilizar agua de la red municipal con el objeto de bajar la cantidad de sílice lo indicado sería un ablandamiento cal-zeolita en caliente o bien desmineralización con resina aniónica fuerte. Para el tipo de vapor que se genera en estas plantas (17.6 Kg/cm<sup>2</sup>), es necesario mantener el agua de alimentación a calderas dentro de los límites permitibles. Ahora bien mientras más sólidos se alimenten a las calderas, mayor es la cantidad que se tenga que purgar con el objeto de mantener la concentración bajo el máximo permitido.

Características de agua a calderas.

pH	8	
T*	110-120	°C
Alcalinidad	0-10	ppm
Dureza	0-10	ppm
ST	50	ppm
SS	15	ppm
Cl <sup>-</sup>	10	ppm
Fe <sup>2+</sup>	0-1.0	ppm
Mg <sup>2+</sup>	0-1.0	ppm



SiO <sub>2</sub>	0 - 5	ppm
Na <sup>+</sup>	0 - 5	ppm
K <sup>+</sup>	0 - 5	ppm
O <sub>2</sub> (disuel- to)	0	ppm

\*Después de desaireador.

Los límites máximos permisibles en el domo inferior de la caldera son:

pH	8	
Alcalini- dad	700	ppm
ST	3 500	ppm
SS	300	ppm
PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	100	ppm
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	80	ppm
SiO <sub>2</sub>	20	ppm

b).- Agua para el proceso.

El empleo de este tipo de agua se tiene en los siguientes equipos: desmenuzadora de papel de desperdicio, desmenuzadora de merma, tanques de preparación de químicos, tanques de agua blanca, regaderas de forma-hoja y prensas, tanque de preparación de color y llenado del sistema.

La calidad requerida se resume en la siguiente tabla:

TABLA "C": Características de agua para el proceso.

	ppm
Turbiedad ( $\text{SiO}_2$ )	25
Color (Unidades pT)	5
Dureza Total ( $\text{CaCO}_3$ )	50
Alcalinidad (M.O.) ( $\text{CaCO}_3$ )	75
Hierro ( $\text{Fe}$ ) <sup>++</sup>	0.1
Manganeso ( $\text{Mn}$ ) <sup>++</sup>	0.05
Sílice Soluble ( $\text{SiO}_2$ )	20
STD	250
$\text{CO}_2$ Libre	10
Cloruros ( $\text{Cl}$ )-	75
Dureza al $\text{Mg}^{++}$ ( $\text{CaCO}_3$ )	50

Las características del agua de proceso son importantes debido a que de estas depende la calidad del papel. Para poder substituir la fuente de suministro, se deberán cumplir ciertos requisitos del agua, como son: sílice no mayor de 50 ppm para evitar la formación de incrustaciones, especialmente en los cilindros secadores. El contenido de hierro es importante debido a la coloración que produce y su concentración debe ser menor de 0.2 ppm.

El contenido de cloruros no debe exceder de 200 ppm como  $\text{Cl}^-$ , y para papeles finos de 75 ppm, además debe estar libre de materias orgánicas, sólidos suspendidos, aceites y grasas y materia flotante.

c).- Agua para enfriamiento.

Este tipo de agua exclusivamente se emplea en el condensador y en el enfriador de aceite. La calidad del agua es similar a la indicada para la de la red.

Si se desea reemplazar la fuente de suministro, las condiciones de mayor importancia por controlar en el afluente son:

pH	6 - 8	
T	25	°C
S.S.	0.25	ml/l
GRA	0.5	ppm
MF	Exenta	g/l
STF	450	ppm (máx.)
DT	150	ppm (máx.)
SiO <sub>2</sub>	50	ppm (máx.)
ABS	1.5	ppm (máx.)

Puesto que hay que tener en cuenta los índices de Langelier y de Ryznar.

d).- Agua para servicios generales.

El uso del agua de este tipo está destinado para:

- Sistemas contra incendio.
- Sellos de agitadores y bombas, regaderas de la mesa y prensa.
- Sanitarios.

4

- Estaciones de servicio
- Jardines.

La calidad de esta agua es la misma que se indica para el agua de la red. Si se quisiera substituir la fuente de suministros, los parámetros a controlar son:

pH	6 - 8	
T	27	°C (máx.)
S.S. <i>sol. suspens.</i>	0.25	ml/l (máx.)
GRA	0.5	ppm
MF <i>mat. flotante</i>	exenta	
ABS	1.5	ppm (máx.)

2.3.- CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.

*Tratamiento de agua*

A.- Drenaje pluvial.

No se dispone de información al respecto.

B.- Drenaje sanitario.

El agua residual proveniente de los servicios sanitarios normalmente se trata en fosas sépticas y las características promedio son:

Básicos:

pH	10	
T	36	°C
S.S.	0.5	mg/l
GRS	10	ppm

MF	0	mg/l
----	---	------

Complementarios:

STF	1520	ppm
SDF	1540	ppm
SSF	70	ppm
NMP	2400	No/l
NMF	2400	No/l
OD	0.5	ppm
DQO	180	ppm
DBO	25	ppm
Extractables (CCl <sub>4</sub> )	35	ppm

C.- Descargas de la torre de enfriamiento (si la hay)

pH	6 - 7	
T	30	°C
S.S. <sup>OSP</sup>	despreciable	
GRA <sup>pasos</sup>	30	ppm
MF	despreciable	
STF	1500	ppm
SDF	1200	ppm
SSF	300	ppm
AC <sup>valor</sup>	3.5	ppm
DT	300	ppm
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	5	ppm
SiO <sub>2</sub>	250	ppm
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	500	ppm

Cl <sup>-</sup>	130	ppm
OD	6	ppm

D.- Purgas de calderas.

pH	10.5	
SST	300	ppm
AL <i>caliente etc</i>	125	ppm
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	50	ppm
N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2	ppm
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	10	ppm
SiO <sub>2</sub> <sup>2-</sup>	100	ppm

E.- Tratamiento de agua.

El drenaje de este sistema depende del tipo de tratamiento que se emplee.

F.- Drenaje industrial.

Límites máximos tolerables marcados por el gobierno federal para aguas residuales.

Max. tolerables.

- 1.- Sólidos sedimentables 1.0 ml/l
- 2.- Grasas y aceites 70.0 mg/l.
- 3.- Material flotante Ninguna que pueda ser retenida por una malla de 3 mm. de claro libre cuadrado.
- 4.- Temperatura 35 °C
- 5.- Potencial de hidrógeno 6 - 8

Estos datos son los de más interés para el estudio que nos ocupa.

Condiciones del efluente actual:

	Medio	Máximo	
pH	6.5	9.6	
T	27	30	°C
SD	30		mg/l
MF	0.04		g/l
GRA	40		ppm

	Promedio	
Color: To	568.5	mu
PU	16%	
LU	73%	
Lo	568.5	mu
ST	1 942	ppm
STV	986	ppm
SST	550	ppm
SSV	315	ppm
DIO	40	ppm
DBO	305	ppm
DQO	1 072	ppm
AL (como CaCO <sub>3</sub> )	15	ppm
AC (como CaCO <sub>3</sub> )	10	ppm
NT (Kjeldahl)	48	ppm
FT	19	ppm

Número probable de coliformes 13 600 000 No/L.

Composición estimada del efluente futuro.

	Promedio	Máxima	
DQO	1 332.6		ppm
DBO	338.3		ppm
T	29.5	34	°C
pH	7.29	10	
SD		36.79	mg/l
MF (retenido en malla 3 mm. de claro)			
	0.0272		
ST	2027.95		ppm
STF	755.70		ppm
STV	1 272.25		ppm
SS	633.95		ppm

2.4 BALANCE DE AGUA.

A.- Diagrama simplificado de flujo de proceso.

El diagrama correspondiente se presenta en el apéndice

B.- Balance de agua para el proceso.

El balance de agua que se lleva a cabo es el correspondiente a una planta de pulpa blanqueada en capacidad de producción de 150 t/día de pulpa, base seca.



### 2.4.1 Memoria de Cálculo del balance.

El balance se lleva a cabo, dividiendo el proceso en las siguientes partes:

- a).- Astillado y cribado.
- b).- Cocimiento.
- c).- Lavado.
- d).- Depuración.
- e).- Espesado.
- f).- Blanqueo y laminado.

En base al siguiente esquema se lleva a cabo el balance, considerando las pérdidas reportadas en cada caso:

#### 1.- Cocimiento.

Datos:

Tiempo carga de astilla - 30 minutos  
Tiempo total de cocimiento - 240 minutos  
Tiempo muerto entre cocimiento - 10 minutos

T O T A L                      280 minutos

Cálculo del número de cocedores con alimentaciones promedio, como sigue:

Madera seca	15	416	Kg/h.
Humedad	6	607	Kg/h.
Licor blanco	37	553	Kg/h.
Licor negro	16	979	Kg/h.
T O T A L	76	555	Kg/h.

... 67

En donde la humedad es el 42.8%

Volúmen total:

$$V_t = \frac{(76\ 555) (280) (1) (1)}{(60) (1.2) (28.317)} - 10\ 513 \text{ Pies}^3$$

ya que  $D = 1.2 \text{ Kg/ l}$

Volúmen por lote:

$$V_L = 2\ 740 \text{ pies}^3 \text{ (de datos de plantas)}$$

$$\text{No Coc} = \frac{10\ 513}{2\ 740} = 3.84 \text{ ----- } 4 \text{ cocedores}$$

Cálculo de astillas a los cocedores.

Astilla = 15 416 Kg / h promedio.

$$\text{Astilla} = (15\ 416) \frac{(280)}{(30)} \frac{(1)}{(4)} = 35\ 971 \text{ kg/h intermitente, por cocedor.}$$

Se considera que no se cargan dos cocedores al mismo tiempo.

$$\text{Agua de la astilla} = (0.428) (35\ 971) = 15\ 396 \text{ kg/h}$$

$$\text{Masa total} = 15\ 396 + 35\ 971 \text{ kg/h intermitente}$$

$$\text{Masa total} = (15\ 416) + (0.428) (15\ 416) = 22\ 014 \text{ kg/h promedio.}$$

Cálculo de pulpa al tanque de soplado:

Tiempo de soplado: 17 min.

Descarga promedio fibra = 7 792 kg/h. (dato de planta)

$$\text{Descarga} = (7\ 792) \frac{(280)}{(17)} \frac{(1)}{(4)} = 32\ 085 \text{ kg/h}$$

Cantidad de agua:

$$\text{Agua con madera} = \frac{15\ 416}{0.7} - 15\ 416 = 6\ 607 \text{ kg/h (promedio)}$$

Hidromódulo 1 : 3.5

La razón de licor blanco y licor negro es: 0.696 y 0.304 respectivamente con relación a la madera.

Licor blanco = (0.696) (53 956) = 37 553 kg/h prom.

Licor negro = (0.304) (53 956) = 16 403 kg/h prom.

Flujos intermitentes (no se cargan dos cocedores al mismo tiempo)

Tiempo de carga del licor 30 minutos.

Licor blanco = (37 553)  $\frac{(280)}{(30)} \frac{(1)}{(4)}$  = 87 624 kg/h

Licor negro = (16 403)  $\frac{(280)}{(30)} \frac{(1)}{(4)}$  = 38 274 kg/h

Balance de materia por cocedor

Madera = (15 416)  $\frac{(280)}{(60)} \frac{(1)}{(4)}$  = 17 985 kg/h cocedor

Humedad = (6 607)  $\frac{(280)}{(60)} \frac{(1)}{(4)}$  = 7 708 kg/cocedor

Licor blanco = (37 553)  $\frac{(280)}{(60)} \frac{(1)}{(4)}$  = 43 812 kg/cocedor

Licor negro = (16 403)  $\frac{(280)}{(60)} \frac{(1)}{(4)}$  = 19 137 kg/cocedor

Temperatura cocimiento = 170 °C (338 °F)

Madera: (17 985) (2.2) (0.33) (338-80) = 3 368 734 BTU

Humedad: (7 708) (2.2) (1.0) (338-80) = 4 375 061 BTU

Licor blanco (43 812) (2.2) (0.91) (338-170) = 14 735 553 BTU

Licor negro (19 137) (2.2) (0.91) (338-170) = 6 436 462 "

Cocedor 900 000 "

Aislante 32 000 "

Total: 29 847 810 "

Radiación	300 000	BTU
Vapor alivio.	<u>3 802 383</u>	"
Gran total:	<u>33 950 193</u>	"

En donde los cp son:

Madera:  $0.33 \frac{\text{Btu}}{1\text{b}^\circ\text{F}}$ ; Licor blanco:  $0.91 \frac{\text{Btu}}{1\text{b}^\circ\text{F}}$

Agua:  $1.0 \frac{\text{Btu}}{1\text{b}^\circ\text{F}}$ ; Licor negro  $0.91 \frac{\text{Btu}}{1\text{b}^\circ\text{F}}$

Vapor =  $\frac{(33\ 950\ 193)}{(863.5)} \frac{(1)}{(2.2)} = 17\ 871$  kg/cocedor

Descarga:

Lignina =  $(370.3 - 177.7) \frac{(1000)}{(24)} = 8\ 025$  kg/h promedio

Lignina =  $8\ 025 \frac{(280)}{(60)} \frac{(1)}{(4)} = 9\ 363.5$  kg/cocedor

Agua = 7 708 kg/cocedor

L. blanco = 43 812 kg/cocedor

L. negro = 19 137 kg/cocedor

Total 80 020 kg/cocedor

Pulpa Desc. (17 985 - 9 363 ) = 8 622 kg/cocedor

Sale a una temp. de 105 °C.:  $\lambda = 965$  Btu/lb.

Cálculo soplado:

Licor negro (80 020) (2,2) (0.855) (338-220) = 17 760 968 BTU

Pulpa (8 622) (2.2) (0.33)(338 - 220) = 738 672 BTU

Cocedor 710 000 BTU

Calor disponible evaporación

19 209 640 BTU

$$\text{Agua evaporada} = \frac{(19\ 209\ 640)}{(965)} \frac{(1)}{(2.2)} = 9\ 048 \text{ kg/cocedor}$$

$$\text{Consistencia} = \frac{8\ 622 \times 100}{(80\ 020 - 1\ 600)} = 10.99 \%$$

Cálculo de corrientes:

Vapor de escape tanque soplado;

Salida de cada cocedor

$$W = (9\ 048) \frac{(60)}{(17)} = 31\ 934 \text{ kg/h intermitente}$$

$$W = 9\ 048 \frac{(60)}{(280)} = 1\ 939 \text{ kg/h promedio.}$$

Salida común de todos los cocedores.

$W = 31\ 934 \text{ kg/h}$  máxima e intermitente.

$W = (4) 1\ 939 = 7\ 756 \text{ kg/h}$  promedio.

Consumo de vapor de 3.5 kg/cm<sup>2</sup>.

Calentador de aire	70 LPM	( 4 200 kg/h )
Cald. rec.		
Soplador hollín C.R.	8 "	( 480 " )
Laminadora	19 "	( 1 140 " )
Evaporador	149 "	( 8 940 " )
Calent. l. verde	23 "	( 1 380 " )
Tq. agua caliente	14 "	( 840 " )
Lavadora pulpa café	"	( 1 800 " )
Sist. agua caliente	268 "	(16 080 " )

Vap. cloro	1	l/min.	( 60 kg/h )
Est. servicio	10	"	( 600 " )
Calent. caldera	64	"	( 3 840 " )
Sopl. hollín	6	"	( 360 " )
Desaereador	<u>200</u>	"	( 12 000 " )
	862	"	

Consumo de vapor de 17.6 kg/cm<sup>2</sup>.

Cocedores	197	l/min	(11 820 kg/h)
Turbina soplador C.R.	150	"	( 9 000 " )
Turbina caldera	134	"	( 8 040 " )
Mezclador cloro	141	"	( 8 460 " )
Eyectores	<u>4</u>	"	( 240 " )
	626	"	

COMPROBACION DE BALANCE GENERAL DE AGUA:

- Agua que sale de diagrama No. 1

Corriente	Drenaje	Evaporado
98	1 899	
29	3	
34		3
37	133	
57	57	
68	<u>1</u>	<u>          </u>
	2 093	3
		...72

TOTAL: = 2 093 + 3 = 2 096 l/min.

Agua que sale del diagrama No. 2

Corriente	Drenaje	Evaporado
147	230	

TOTAL = 230 l/min

Agua que sale del diagrama No. 3

Corriente	Drenaje	Evaporado	Otro
201		52	
188		10	
210	107		
211	60		
209	150		
181		20	
186		200	
185	25		
206	57		
207	76		
91			386
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	475	282	386

TOTAL = 475 + 282 + 386 = 1 143 l/min.

Agua que sale del diagrama No. 4

Corriente	Drenaje	Evap.	Otro
285	300		
286			70
287	300		
283	200		
290	5 546		
270		46	
268		10	
262	38		
265	25		
239	1		
258		8	
260		6	
284	200		
293	<u>30</u>	<u>        </u>	<u>        </u>
	6 640	70	70

TOTAL = 6 640 + 70 + 70 = 6 780 l/min.

Agua total que se escapa:

$Q = 6\,780 + 1\,143 + 230 + 2\,096 = 10\,249$  l/min.

Extracción total de agua fresca: 9 982 l/min.

Agua contenida en la sosa: 18 l/min.

Agua contenida en la madera: 249 l/min.

10 249 l/min.



## NOTAS SOBRE LA MEMORIA DE CALCULO

Se elabora el balance de masa en base seca para la línea de proceso. Las pérdidas de materia seca para cada una de las etapas se estima en base a datos experimentales. Se consideran pérdidas de materia, la suma de la materia solubilizada y la que se pierde por drenajes. Para el caso del cocimiento se estiman unas pérdidas de 52%, toda esta materia (pérdidas) se solubiliza y pasa a formar parte del licor negro.

El número de cocedores es calculado en base a un tamaño promedio de cocedores en operación actualmente y en base a los tiempos de carga, de llenado, cocimiento, desgasificación, de descarga y tiempos muertos.

El cocimiento es intermitente pero las corrientes se consideran continuas para efectos de cálculo.

En seguida se calcula el agua necesaria para las etapas del lavado y blanqueo así como el vapor necesario.

El diseño del equipo de lavado y filtrado fijan la cantidad de agua necesaria en regaderas. El caso del vapor es su demanda en función de la temperatura.

Se calculan recirculaciones de agua blanca con el fin de obtener las consistencias adecuadas para el funcionamiento de los diferentes equipos. Los excesos de agua blanca se envían al drenaje.

El balance de servicios auxiliares se hace de acuerdo a las necesidades del proceso.

Así mismo, las recirculaciones se calculan con la amplitud de consistencias que requiere el equipo para su correcto funcionamiento. En casos de equipo mayor el fabricante recomienda la amplitud de consistencia y en otros casos son variaciones a base de experiencia.

El cálculo del vapor producido en la caldera de recuperaciones se hizo en base a datos empíricos (4.3 á 5.0 t vapor/ t pulpa producida), la caldera auxiliar se calcula para cubrir el vapor faltante.

Las purgas en las calderas se estiman en aproximadamente 5%.

Se calcula la demanda de vapor de 17.6 kg/cm<sup>2</sup> y la de 3.5 kg/cm<sup>2</sup> y se pone una estación reductora para ajustar el balance.

Los productos químicos adicionados al proceso de blanqueo se calculan en base a datos promedio empíricos relacionados con la cantidad de pulpa seca obtenida. Lo mismo se hace para la cantidad de repuesto de sulfato de sodio y óxido de calcio. Los flujos volumétricos de todas estas corrientes se calculan en base a concentraciones promedio de datos experimentales.

Las corrientes de evaporación son calculadas en base a las concentraciones que requiere la caldera de recuperación para su correcto funcionamiento.

La cantidad de lavado débil recirculada al tanque disolvente se calcula en base a la concentración y cantidad de licor blanco necesario para cocimiento.

Una vez determinadas las necesidades de agua fresca en el proceso y en las calderas se procede a calcular las necesidades de agua para servicios auxiliares y otros servicios como sanitarios, jardinería, etc.

Con ésto se determina la extracción total de agua.

Hidromódulo: Se define como la cantidad en peso de materia seca a licor de cocimiento.

2.5 EFICIENCIA DE APROVECHAMIENTO DEL AGUA EN ESTA INDUSTRIA. (GRADO DE RECIRCULACION)

- Grado de recirculación en calderas:

Sin recirculación el consumo es:

267	157 l/min.
263	763 "
184	<u>504</u> "
	1 424 "
265	<u>25</u> "
	<u><u>1 449</u></u> "

Consumo de tratamiento de agua a calderas, recirculación a caldera (corriente 266)

$$Q = 584 \text{ l/min.}$$

$$GR = \frac{1\ 449}{584} = 2.48$$

- Grado de recirculación en el proceso

En caso de no recircular el agua blanca se tienen que adicionar las siguientes corrientes:

179	268 l/min.
198	231 "
17	8 359 "
46	8 264 "
70	14 626 "

95	11 152	l/min
108	10 605	"
115	10 712	"
126	10 249	"
132	<u>10 205</u>	"
	<u>84 671</u>	"
	-----	

Q = 9 398 l/min (corriente 288)

Gastos de suministro al proceso

Q = 9 398 + 84 671 = 94 069 l/min

$$GR = \frac{94\ 069}{9\ 398} = 10.00$$

- Grado de recirculación total.

Demanda máxima: 12 325 l/min.

Con demanda máxima:

$$GR = \frac{(12\ 325 + 84\ 671)}{12\ 325} = 7.87$$

Demanda normal: 9982 l/min.

Con demanda normal:

$$GR = \frac{(9\ 982 + 84\ 671)}{9\ 982} = 9.48$$

Recirculando aguas de sello y la de enfriamiento del compresor de aire:

$$GR = \frac{(8\ 915 + 84\ 671)}{8\ 915} = 10.50$$



Tratando el agua y recirculándola al proceso.

$$GR = \frac{(1\ 915 + 84\ 671)}{1\ 915} = 45.21$$

2.6 ESTIMACION DE UN INDICE QUE RELACIONE LA CANTIDAD DE AGUA EXTRAIDA POR UNIDAD DE PRODUCTO TERMINADO.

Consumo máximo corriente (289) Nota (AL)

$$Q = 12\ 325\ \text{l/min.}$$

$$\text{Cap.} = 150\ \text{ton/día.}$$

$$\text{IC} = \frac{(12\ 325)\ (1\ 440)}{(1\ 000)\ (150)} = 118.3\ \text{m}^3/\text{ton.}$$

Consumo normal corriente (289)

$$\text{IC} = \frac{(9\ 982)\ (1\ 440)}{(1\ 000)\ (150)} = 95.8\ \text{m}^3/\text{ton.}$$

Consumo haciendo recircular el agua de sellos, y recirculando corriente 294 a tratamiento a calderas.

Corrientes ahorradas:

284	200 l/min.
210	107 "
211	60 "
146	230 "
294	<u>470</u> "
	<u>1 067</u> l/min.

El consumo de agua es:

$$Q = 9\ 982 - 1\ 067 = 8\ 915\ \text{l/min.}$$

$$\text{IC} = \frac{(8\ 915)\ (1\ 440)}{(1\ 000)\ (150)} = 85.6\ \text{m}^3/\text{ton.}$$

En caso de tratar el agua para reutilizarla en el proceso, las corrientes que se pueden tratar son:

57	57 l/min.
98	1 899 "
290	<u>5 546</u> "
	7 502 l/min.

Pérdidas en tratamiento 6.7% (experimental)

<u>502</u>	
<u>7 000</u>	l/min.

$$Q = 8\ 915 - 7\ 000 = 1\ 915 \text{ l/min.}$$

$$IC = \frac{(1\ 915)}{(1\ 000)} \frac{(1\ 440)}{(150)} = 18.4 \text{ m}^3/\text{ton.}$$



2.7 ESTIMACION DE UN INDICE QUE RELACIONE LA CANTIDAD DE AGUA QUE VA A DRENAJE CON LA CANTIDAD DE PRODUCTO TERMINADO.

$$\text{Agua a drenaje} = \text{Extracción} + \text{Agua con madera} - \text{Pérdidas}$$

Agua a drenaje

Corriente	l/min.
285	300
287	300
283	200
293	30
290	5 546
284	200
265	25
262	38
185	25
207	76
206	57
209	150
210	107
211	60
29	3
37	133
68	1
57	57
98	1 899
147	230
239	1
	<hr/> 9 438 l/min.

Agua evaporada.

268	10 l/min.
270	46 "
258	8 "
260	6 "
201	52 "
188	10 "
181	20 "
186	200 "
34	<u>3</u> "
	<u>355</u> l/min
	-----

Agua a jardines.

286	<u>73</u> l/min
	-----

Agua con producto.

207	<u>386</u> l/min
	-----

$$\text{Pérdidas} = 355 + 73 + 386 = \underline{814} \text{ l/min}$$

Descarga máxima:

$$Q = 12\ 235 + 176 - 814 = 11\ 687 \text{ l/min.}$$
$$ID = \frac{(11\ 687)}{(1\ 000)} \frac{(1\ 440)}{(150)} = 112.2 \text{ m}^3/\text{ton.}$$

Descarga normal:

$$Q = 9\ 982 + 176 - 814 = 9\ 344 \text{ l/min.}$$

$$ID = \frac{(9\ 344)}{(1\ 000)} \frac{(1\ 440)}{(150)} = 89.7 \text{ m}^3/\text{ton.}$$

Descarga haciendo recircular el agua de sellos y de enfriamiento del compresor.

$$Q = 8\ 915 + 176 - 814 = 8\ 277 \text{ l/min.}$$

$$ID = \frac{(8\ 277)}{(1\ 000)} \frac{(1\ 440)}{(150)} = 79.5 \text{ m}^3/\text{ton.}$$

Descarga tratando corriente a drenaje.

$$Q = 1\ 915 + 176 - 814 = 1\ 277 \text{ l/min.}$$

$$ID = \frac{(1\ 277)}{(1\ 000)} \frac{(1\ 440)}{(150)} = 12.3 \text{ m}^3/\text{ton.}$$

Comprobación balance total:

Extracción de agua  
Corriente (289)

9 982 l/min.

Agua con madera

267 "

10 249 l/min.  
-----

Agua a drenajes

9 438 l/min.

Pérdidas

814 "

10 249 l/min.  
-----

3.0 COSTOS

### 3.- COSTOS

En el Valle de México, las plantas de celulosa existen generalmente asociadas con una planta de papel (plantas integradas). La evaluación de los costos de las alternativas propuestas se dan a continuación:

- A).- Tratar por separado los efluentes de las plantas de papel y de las plantas de pulpa para reutilizarlo en el proceso correspondiente.
- B).- Tratar por separado el efluente de la planta de papel y el de la planta de pulpa, darle un tratamiento primario para cumplir con los reglamentos antes de descargarla al drenaje.
- C).- Juntar los efluentes de la planta de papel y los de la planta de pulpa y tratarlos para reutilizarlos en los procesos.
- D).- Juntar los efluentes de las plantas de pulpa y de papel y tratarlos para cumplir con los reglamentos de descarga de aguas residuales.
- E).- Cuando no se tenga la planta integrada, se puede tratar el efluente para circularlo o para tirarlo al drenaje.

La aplicación del punto D, implica que se recircule solamente el agua muy contaminada con el fin de bajar la concentración de contaminantes en la descarga, esto requiere que se disponga de una cantidad grande y barata de agua, cosa que no es factible en el Valle de México.

Si el reglamento de descarga de aguas residuales va a sufrir modificaciones al pasar el tiempo, es necesario prever adiciones al proceso de tratamiento, lo que justifica que esta industria enfoque sus tratamientos hasta la recirculación total.

La aplicación del punto C tiene el inconveniente que gran parte del efluente de la máquina de papel es factible reutilizarlo con un tratamiento primario y al juntarlo con el efluente de la planta de pulpa no es factible reutilizar esta agua solamente con un tratamiento primario.

Un problema que se presenta en general para el tratamiento del efluente de la planta de pulpa son las descargas accidentales, tales como los sobreflujos y drenajes de tanques y equipos, que hacen variar la composición de las aguas residuales considerablemente.

La aplicación del punto B tiene el inconveniente del posible cambio del reglamento de descargas de aguas residuales.

El punto A tiene en su contra las descargas accidentales.

Para el caso del Valle de México, el punto D, no es aplicable y los puntos A y B, aparentemente, son los más atractivos, no obstante, se debe hacer un estudio particular de cada caso con el fin de determinar que es lo más adecuado. Los siguientes puntos son de vital importancia para determinar qué alternativa es la adecuada. Red existente de drenajes. Para todos los casos de tratamiento de los efluentes, es necesario contar con un sistema separado para el drenaje sanitario y pluvial y otro para el drenaje industrial, ahora bien, cuando se quiera tratar por separado el drenaje de la planta de pulpa y de la de papel, es necesario contar con sistemas separados de drenajes para cada planta.

Este factor es muy importante ya que una alternativa atractiva puede dejar de serlo si el costo que se tiene que pagar por esto es muy alto.

- Disponibilidad de terreno. Este factor es determinante para algunas plantas del Valle de México, si una alternativa es interesante pero no hay espacio disponible, no puede llevarse a cabo.

- Inversión inicial.

- Costos de operación.

- Costos de mantenimiento.

- Tiempo de amortización. Este período tiene que estar íntimamente ligado con la vida útil de la planta de pulpa.

Para la alternativa B es necesario un tratamiento primario consistente de: un tanque clarificador, una bomba centrífuga, una centrífuga, una bomba de lodos y un horno para quemar los lodos (juntamente con sus sistemas de combustión), se estima que la inversión inicial, es de aproximadamente \$2,290,000.00 (no se han tomado en cuenta modificaciones a la red de drenajes y el costo es exclusivamente para la planta de pulpa).

De acuerdo a la conclusión tomada, lo más viable es reusar el agua de proceso mediante una recirculación máxima, cerrado parcialmente el circuito y descargar al drenaje los efluentes de los servicios y los efluentes ocasionales. Para cerrar parcialmente el circuito se requiere dar un tratamiento a las aguas blancas o de proceso y recircularlas. El equipo principal para cerrar parcialmente el circuito es:

Un clarificador.  
 Dos bombas de agua blanca.  
 Una bomba de lodos.  
 Una centrífuga.  
 Un horno incinerador.  
 Un tanque de bombeo.  
 Un tanque de combustible.

La inversión estimada para instalar el sistema de tratamiento es del orden de \$730,000.00 m<sup>3</sup>/año.

### 3.1 COSTO DEL SUMINISTRO DE AGUA:

#### A.- Agua para la generación de vapor.

Costo de agua cruda	\$ 0.50/ m <sup>3</sup>
Costo tratamiento	<u>\$ 0.75/ m<sup>3</sup></u>
	\$ 1.25/ m <sup>3</sup>

#### B.- Costo de agua al proceso.

Costo de agua cruda	\$ 0.5/m <sup>3</sup>
Costo tratamiento.	<u>\$ 0.5/m<sup>3</sup></u>
(para fierro)	\$ 1.0/m <sup>3</sup>



C.- Costo de agua de enfriamiento.

En caso de existir agua de enfriamiento es igual que el agua de proceso.

### 3.2 COSTO INVOLUCRADO PARA RECIRCULAR EL AGUA BLANCA.

Volúmen = 3,000 l/min (a proceso)

Tratamiento: Sedimentación en un clarificador y recirculación al proceso, los lodos en una centrífuga y se quemán en un horno.

A.- Agua para generación de vapor.

Igual que inciso 3.1

B.- Costo de agua de proceso.

-----

Ver diagrama de tratamiento, en anexo III.

Clarificador	\$ 600,000.00
2 bombas centrífugas. (3028.1/min. 20.88 m. TDH).	\$ 150,000.00
1 bomba lodos.	\$ 30,000.00
1 centrífuga (10 H.P.)	\$ 130,000.00
1 horno.	\$ 60,000.00
1 tanque combustóleo	\$ 100,000.00
1 sistema combustóleo	\$ 70,000.00
- 2 bombas de engranes	30,000.00
- 1 precalentador.	15,000.00
- 1 calentador.	15,000.00
- instrumentación.	10,000.00
Tubería y trazado de vapor	\$ 210,000.00
- válvulas.	65,000.00
- tuberías inoxidable- bles.	100,000.00
- trazado.	15,000.00
- tuberías, acero al carbón.	30,000.00
Equipo eléctrico.	\$ 130,000.00

- (bombas) 2 motores 20 HP.
- (centrífuga) 1 motor 10 HP.
- (bomba de lodos) 1 motor 5 HP.
- (bombas combustóleo) 2 motores 7.5 HP.
- (soplador) 1 motor 5 HP.
- (clarificador) 1 motor 10 HP.

Total equipo	\$ 1,480,000.00
Ingeniería	250,000.00
Construcción.	400,000.00
Terreno.	<u>60,000.00</u>
Inversión fija.	\$ 2,190,000.00
Intereses (15% anual) sobre saldos insolutos	\$2,173,620.00
Depreciación a 10 años	\$4,363,620.00
Costos equipo	\$ 436,362.00/año
Mantenimiento	\$ 20,000.00/año

Operación	\$ 30,000.00/año
Energía eléctrica	\$ 91,980.00/año
Combustóleo	<u>\$ 70,000.00/año</u>
	\$ 648,342.00/año

$$(648,342) \frac{(1)}{330} \frac{(1)}{1440} = \$ 1.36/\text{min}$$

$$Q = 3,000 \text{ l/min.}$$

$$\text{costo del tratamiento} = \frac{1.364}{3} = \$ 0.45 \text{ m}^3$$

Para obtener una calidad similar al agua, se tendrá que dar tratamiento adicional \$0.50/min. pero no es necesario, sólo hay que reponer el agua perdida.

G.- Agua de enfriamiento.

En caso de existir agua de enfriamiento ésta será igual que el agua de proceso.

### 3.3 COSTO DE ALGUNOS TRATAMIENTOS PROPUESTOS.

3.3.1 Si se requiere tratar el agua solo para cumplir con los reglamentos (ver sección 3. B y D se tiene tratamiento para 7000 l/min.

Sedimentador	800,000		
Una bomba centrífuga	140,000		
Una bomba de lodos	30,000		
Una centrífuga	60,000		
Un horno	100,000		
Un tanque combustóleo	100,000		
Estación combustóleo	200,000		
Tubería y accesorios	200,000		
Equipo eléctrico y control.	<u>150,000</u>		
Total equipo	<u>\$1,780,000</u>	\$ 1,780,000	
Terreno	60,000		
Ingeniería	150,000		
Construcción	<u>300,000</u>		
	\$ 510,000	\$ 510,000	
Inversión inicial		<u>\$ 2,290,000</u>	M.N.

Dando al equipo una vida útil de 10 años con 15% de intereses anual:

Intereses 15% 2,272.873

COSTO TOTAL: = 2,290,000 + 2,272,873 = 4,562,873

COSTO QUE DEBE ABSORBER

EL AGUA TRATADA  $\frac{4,562,873}{10} = \$456,287 / \text{año}$

COSTOS VARIABLES:

Operación (salarios)	100,000/año
Electricidad	155,000/año
Mantenimiento	24,000/año
Combustóleo	65,000/año
Reactivos	<u>80,000/año</u>
	<u>\$ 424,000 M.N.</u>

COSTO TOTAL:

CT = 424,000 + 456,287 = \$880,287 / 360 días.

CT =  $\frac{880,287}{8,640} = \frac{101.89}{60} \text{ \$/hr.} = \$1.70/\text{min.}$

CU =  $\frac{(1.70)(1,000)}{(7,000)} = \$0.24/\text{m}^3$  costo unitario

3.3.2 Si se quiere tratar el agua para recircularla al proceso se estima lo siguiente:

Incremento en equipo	140,000	
Incremento en tubería y accs.	<u>100,000</u>	
	240,000	\$240,000 M.N.
Equipo nuevo		
Bombas	500,000	
Equipo tratamiento agua	<u>1,500,000</u>	
	2,000,000	\$2,000,000 M.N.
Incrementos:		
Terreno	40,000	
Ingeniería	100,000	
Construcción	<u>150,000</u>	
	290,000	<u>\$ 290,000</u>
		\$2,530.000 M.N.
INVERSION INICIAL		\$4,820.000 M.N.
Amortizando a 10 años		
intereses 15% (aprox.)		\$4,783,950 M.N.

Costo que debe absorber =  $\frac{9,603,950}{10}$  = \$960,395/año  
 el agua

Costos variables

Operación (salarios)	130,000/año
Electricidad	235,000 "
Mantenimiento	35,000 "
Combustóleo	65,000 "
Reactivos	<u>240,000 "</u>
	\$ <u>705,000 "</u>

$$CT = 960,395 + 705,000 = 1,665,395$$

$$CT = \frac{1,665,395}{(8,560)(60)} = \$ 3.24/\text{min.}$$

$$CU = \frac{(3.24)(1,000)}{7,000} = \$ 0.46/\text{m}^3$$

TABLA 1.4.1 COTIZACION DEL TRATAMIENTO T2, DESCRITO EN  
 EL ANEXO IV

INVERSION.

- Cárcamo de bombeo:  
 (8 m<sup>3</sup> de capacidad) \$ 10,000.00



- 2 bombas centrífugas c/motor (600 l/min).	\$ 19,000.00
- Tuberías, accesorios, e inter- conexiones.	38,000.00
- Obra civil	8,000.00
	<hr/>
	75,500.00
Intereses al 15% anual	<u>74,940.00</u>
Total	\$ 150,440.00

DEPRECIACION A 10 ANOS

Costo equipo	15,044.00/año
Mantenimiento año	3,976.00 "
Operación, mano de obra.	5,112.00 "
Energía eléctrica.	<u>17,415.00 "</u>
	\$ 41,547.00/año

$$(41,547) \frac{1}{330} \frac{1}{1440} = \$ 0.08743/\text{min.}$$

$$Q = 568 \text{ l/min.}$$

$$\text{Costo del tratamiento} = \frac{0.08743}{0.568} = \$ 0.15/\text{m}^3$$

TABLA 1.4.2 COTIZACION DEL TRATAMIENTO T3, DESCRITO  
EN EL ANEXO V.

INVERSION.

- 1 tanque separador de fibra (cap. 3,512 litros).	\$ 7,500.00
- 1 fosa de recirculación de agua. (cap. 17,970 litros).	16,000.00
- 2 bombas centrífugas verticales, con impulsor cerrado y motores. (cap. 120,000 l/h).	32,600.00
- 1 paquete filtro duplex de canasta con accesorios. (cap. 1,500 l/min/canasta),	185,000.00
- tubería, accesorios e interconexiones.	<u>60,000.00</u>
	\$ 301,100.00
Intereses al 15% anual.	<u>298,850.00</u>
Total	\$ 599,950.00

DEPRECIACION A 10 AÑOS

Costo equipo	59,995.00
Mantenimiento año	11,864.00/año
Operación (mano de obra)	1,438.00 "
Energía eléctrica.	<u>44,089.00 "</u>
	\$117,386.00

$$(117,386.00) \frac{1}{330} \frac{1}{1440} = \$ 0.247/ \text{min.}$$

$$Q = 1,438 \text{ LPM.}$$

$$\text{Costo de tratamiento} = \frac{0.247}{1.438} = 0.17/\text{m}^3$$

TABLA 1.4.3 COTIZACION DEL TRATAMIENTO T4, DESCRITO EN EL ANEXO III.

INVERSION.

- Clarificador		\$ 600,000.00
- 2 bombas centrífugas. (3028 l/min. 20.88 m. TDH)		150,000.00
- 1 bomba lodos.		30,000.00
- 1 centrífuga (10 H.P.)		130,000.00
- 1 horno.		60,000.00
- 1 tanque combustóleo		100,000.00
- 1 sistema combustóleo		70,000.00
2 bombas de engranes	30,000.00	
1 precalentador	15,000.00	
1 calentador	15,000.00	
instrumentación	10,000.00	
- tubería y trazado de vapor.		\$ 210,000.00

Válvulas	65,000.00	
Tuberías inoxidables	100,000.00	
Trazado.	15,000.00	
Tuberías, acero al carbón.	30,000.00	
- equipo eléctrico		\$ 130,000.00
Bombas 2 motores 20 H.P.		
Centrífugas 1 motor 10 H.P.		
Bomba de lodos 1 motor 5 H.P.		
Bomba de combustóleo 2 motores 7.5 H.P.		
Clarificador 1 motor 10.0 H.P.		
- total equipo		\$ 1,480,000.00
- ingeniería		\$ 250,000.00
- construcción		\$ 400,000.00
- terreno		\$ <u>60,000.00</u>
Inversión fija		\$ 2,190,000.00
Intereses al 15% anual		\$ 2,173,620.00

DEPRECIACION A 10 ANOS

- Costos equipo	\$ 436,262.00/año
- Mantenimiento	\$ 20,000.00/año
- Operación.	\$ 30,000.00 "
- Energía.	\$ 91,980.00 "
- Combustóleo	<u>\$ 70,000.00 "</u>
	\$ 648,342.00

$$(648,342) \cdot \frac{1}{330} \cdot \frac{1}{1440} = \$1.36/\text{min.}$$

Si Q = 3000 LPM

$$\text{El costo del tratamiento} = \frac{1,36436}{3} = \underline{\underline{\$0.45/\text{m}^3}}$$

Para obtener una calidad similar al agua cruda se tendrá que dar tratamiento adicional  $\$0.5/\text{m}^3$  pero no es necesario sólo hay que reponer el agua perdida.

TABLA 1.4.4 COSTIZACION DEL TRATAMIENTO T5, DESCRITO EN EL ANEXO VI.

INVERSION.

- 1 cambiador de calor tipo carcaza y tubos. (carga térmica 407 700 kcal/h).	\$ 60,000.00
- 1 tanque de bombeo. (cap. 5 665 l. ).	7,500.00

- 1 bomba centrífuga (cap. 600 l/min).	\$ 8,500.00
- tubería, accesorios e in terconexiones.	<u>12,000.00</u>
	\$ 88,000.00
Intereses al 15% anual	<u>87,340.00</u>
total	\$175,340.00

DEPRECIACION A 10 AÑOS

Costo equipo	\$ 17,534.00/año.
Mantenimiento año	3,398.00 "
Operación	4,870.00 "
Energía eléctrica	13,889.00 "
Vapor \$ 15/hrs x 2	<u>129,600.00 "</u>
	\$169,291.00/año

$$(169,291) \cdot \frac{1}{330} \cdot \frac{1}{1140} = \$0.36/\text{min.}$$

$$Q = 473 \text{ LPM}$$

$$\text{Costo del tratamiento} = \frac{0.36}{0.4730} = \$0.75 / \text{m}^3$$

Nota: El costo puede subir si no se cuenta con los sistemas de drenaje adecuados además los costos unitarios calculados son para plantas del tamaño de la que nos ocupa; para plantas pequeñas este valor puede aumentar considerablemente.

4.0 TECNICAS DE ANALISIS



#### 4.1 Introducción

La experiencia ha enseñado, que el cuidado de la calidad del agua, representa muchos y grandes beneficios para la industria, en donde el análisis químico del agua es la operación inicial que lleva a definir los métodos adecuados para obtener la calidad del agua deseada según el uso a que esté destinada.

Los métodos de análisis contenidos en este capítulo no pretenden ser originales; se han usado durante bastante tiempo en la industria del papel en donde las normas de calidad de agua de alimentación han llegado a ser muy estrictas tanto para el proceso, como para los servicios y el control del agua residual y de desecho.

Los métodos descritos pretenden a su vez estar escritos en un lenguaje sencillo y directo para su mejor comprensión.

#### 4.2 Técnicas de análisis comunmente usadas.

## TECNICA # 1

### DETERMINACION DE ALCALINIDAD

#### PRINCIPIO DEL METODO.

Este método se basa en la titulación con ácido de normalidad conocida de soluciones que contengan  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{OH}^-$ , usando 2 indicadores, fenolftaleína y anaranjado de metilo.

En presencia de fenolftaleína, el cambio de color del indicador se manifiesta cuando se ha neutralizado todo el hidróxido y sólo la mitad del carbonato. En tanto que el bicarbonato por impartir a la solución un pH de 8.2 decolora a la fenolftaleína, cuyo punto de viraje se encuentra entre pH 8.3 á 10. El bicarbonato presente en la solución se titula con el mismo ácido usando como indicador anaranjado de metilo cuyo punto de viraje es entre pH 3.1 á 4.4 hasta que el color amarillo impartido por el indicador cambie a canela o ligeramente rosado.

#### MATERIAL.

Matraces erlenmeyer de 250 ml.

Bureta.

Pipetas volumétricas, frascos goteros y para solución.

REACTIVOS.

Acido Sulfúrico.

Fenolftaleína.

Anaranjado de metilo.

Alcohol etílico.

SOLUCIONES.

a).- Solución de  $H_2SO_4$  0.02 N. medir 20 ml. de  $H_2SO_4$  1.0 N y diluir a 1 litro con agua destilada libre de  $CO_2$ .

b).- Solución alcohólica de fenolftaleína.

Pesar 1 g. de fenolftaleína y disolver en 50 ml. de alcohol etílico y diluir a 100 ml. con agua destilada.

c).- Anaranjado de metilo.

Pesar 0.5 g. de reactivo disolver en agua y aforar a 1 litro con agua destilada.

PROCEDIMIENTO.

Tomar 100 ml. de muestra (filtrar si es necesario), agregar unas gotas de solución de fenolftaleína, titular con  $H_2SO_4$  0.02 N hasta vire de color que es de rojo a incoloro. Anotar los mililitros gastados (F).

Agregar unas gotas de solución de anaranjado de metilo y seguir titulando con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 hasta vire del indicador que es del amarillo a canela (M).

CALCULOS.

F = ml. de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gastados en la primera titulación.

M = ml. de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gastados en la segunda titulación.

$$\text{ppm Alcalinidad como CaCO}_3 = \frac{\text{ml. gastados H}_2\text{SO}_4 \times 0.02 \times 0.050 \times 10^6}{\text{ml. muestra}}$$

$$\text{ppm Alcalinidad a la fenolf taleína como CaCO}_3 = \frac{\text{ml. gastado (F)} \times 0.02 \times 0.050 \times 10^6}{\text{ml. muestra}}$$

$$\text{ppm Alcalinidad al anaranjado de metilo como CaCO}_3 = \frac{\text{ml. gastado (M)} \times 0.02 \times 0.050 \times 10^6}{\text{ml. muestra}}$$

$$\text{ppm Alcalinidad total como CaCO}_3 = \frac{\text{ml. gastado totales} \times 0.02 \times 0.050 \times 10^6}{\text{ml. muestra}}$$

Nota: Si toma 100 ml. de muestra multiplique x 10.  
 Si toma 50 ml. de muestra multiplique x 20.  
 Si toma 25 ml. de muestra multiplique x 40.

DETERMINACION DE DUREZA TOTAL EN AGUA POR TITULACION CON VERSENATO DE SODIO.

PRINCIPIO DEL METODO.

Esta prueba está basada en la determinación del contenido total de calcio y magnesio de una muestra por titulación con un agente secuestrante, versenato de sodio, en la presencia de un colorante orgánico, eriocromo negro, sensitivo a los iones de calcio y magnesio. El punto final ocurre cuando todo el calcio y el magnesio han sido secuestrados y se produce un cambio de color del rojo vino al azul.

MATERIAL.

- a).- Microbureta de 10 ml.
- b).- Probeta graduada de 50 ml.
- c).- Matraz erlenmeyer de 250 ml.
- d).- Cápsula o cacerola de porcelana de 210 ml.
- e).- 2 frascos goteros, uno para el indicador y otro para la solución reguladora.
- f).- Matraz erlenmeyer de 500 ml.
- g).- Matraz volumétrico de 1000 ml.

## REACTIVOS.

- a).- Etilendiaminotetracetato disódico, dihidratado (versenato) Reactivo Baker No. 8993.
- b).- Eriocromo negro T.- Reactivo Baker No. L126.
- c).- Carbonato de calcio.- Reactivo Baker No. 1288.
- d).- Cloruro de amonio.- Reactivo Baker No. 0660.
- e).- Hidróxido de amonio.- Reactivo Baker No. 9721.
- f).- Acido clorhídrico concentrado. Reactivo Baker No. 9535.
- g).- Rojo de metilo.

## SOLUCIONES.

- a).- Solución de versenato. Se disuelven 4.0 g. de versenato de sodio (etilen diaminotetracetato sódico, EDTA) en 800 ml. de agua; se agregan 0.5 g. de hidróxido de sodio (NaOH) y 0.1 g. de cloruro de magnesio ( $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$ ) disueltos en 75 ml. de agua destilada, y se diluye todo en agua destilada, ajustando el título de la solución de tal manera que 1 ml. equivalga a 1 mg. de carbonato de calcio.

b).- Solución de cloruro de calcio.- Se disuelve 1.0 g. de carbonato de calcio, químicamente puro anhidro y desecado durante una hora en la estufa a 100-110 °C con 6 ml. de solución 1 a 1 de ácido clorhídrico en un matraz elernme yer de 500 ml. evitando que haga proyecciones, dejando reposar y agitando ocasionalmente, hasta la disolución completa del carbonato de calcio en forma de cloruro. Añadir 100 ml. de agua y hiérvase ligeramente para eliminar el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>). Agregar unas gotas de rojo metilo y neutralícese con amoniaco (1 a 10), una vez que esté fría esta solución transferir a un matraz volumétrico de 1 litro.

Un mililitro de esta solución equivale a 1 mg. de carbonato de calcio.

c).- Solución reguladora para dureza total.- Se mezclan 67.5 g. de cloruro de amonio (NH<sub>4</sub>Cl) con 570 ml. de hidróxido de amonio (NH<sub>4</sub>OH) se colocan en un matraz volumétrico de 1 litro y se diluye con agua destilada hasta el aforo.

- d).- Indicador de eriocromo negro T. Se disuelve 0.5 g. de eriocromo negro T en 100 ml. de alcohol etílico de 96°

Titulación de la solución de versenato.-

En un matraz erlenmeyer de 250 ml. ó en una cápsula de porcelana se colocan 10 ml. de la solución de calcio, se agrega 1. ml. de la solución reguladora y de 4 á 6 gotas del indicador y se titulan con la solución de versenato, agitando con una varilla de vidrio hasta el cambio de coloración del rojo vino al azul pálido. La solución de versenato debe ajustarse hasta que 1 ml. equivalga a 1 mg. de  $\text{CaCO}_3$ .

PROCEDIMIENTO.

- a).- Se mide determinando volúmen de la muestra de agua y se colocan en un matraz erlenmeyer de 250 ml.
- b).- Se añade 1 ml. de la solución reguladora, se agita y se añaden de 4 á 6 gotas del indicador, si hay dureza, la muestra toma un color rojo vino.



c).- Titular con solución valorada de versenato de sodio, añadiéndola lentamente y agitando al mismo tiempo; a medida que se acerca al punto final, la muestra empieza a tomar una coloración violácea. El punto final ocurre cuando hay un cambio de coloración de violeta al azul claro (azul turquesa). Anotar la lectura de los mililitros empleados.

d).- Para comprobar; se añade el exceso de 1 ó 2 gotas de la solución de la bureta; si el punto final ya ha sido alcanzado, no se produce ningún cambio en la coloración. Como el cambio de color en el punto final es muy marcado, la solución valorada, debe añadirse lentamente.

#### CALCULOS.

$$\begin{aligned} \text{ppm Dureza total como CaCO}_3 &= \frac{\text{ml. versenato} \times 0.001 \times 10^6}{\text{ml. de muestra}} \\ &= \frac{\text{ml. versenato} \times 1000}{\text{ml. de muestra}} \end{aligned}$$

Si se toman 50 ml. de muestra:

$$\text{Dureza ppm. CaCO}_3 = \text{ml. versenato} \times 20$$

Si se toman 100 ml. de muestra:

$$\text{Dureza ppm. CaCO}_3 = \text{ml. versenato} \times 10$$

Si se toman 25 ml. de muestra:

$$\text{Dureza ppm. CaCO}_3 = \text{ml. versenato} \times 40$$

Este método es más exacto que el método del jabón y es considerablemente más rápido. Valores tan altos de dureza hasta 1,200 ppm. pueden ser titulados con una exactitud de 2% sin dilución de la muestra. En concentraciones de dureza bajas 0 a 5 ppm puede obtenerse una exactitud de 0.1 ppm.

Limitaciones de la prueba.- A un pH de 10.0 se obtienen los resultados óptimos en las titulaciones, ya que a valores superiores puede precipitarse el hidróxido de magnesio y a un pH menor, la unión del magnesio con el indicador no es lo suficientemente fuerte para formar el compuesto de color vino.

El resultado puede ser interferido con la presencia del hidróxido de sodio sobre 300 ppm, cobre en más de 10 ppm, aluminio en más de 20 ppm, ortofosfato en más de 100 ppm y polifosfato en más de 25 ppm.

El estroncio se titula como dureza, otros iones en la concentración normal encontrados en aguas para uso industrial no producen interferencia.

El efecto de interferencia de los iones citados puede ser reducido por dilución de la muestra. Si ocurre interferencia, mida 25 ml. de muestra, diluya con 25 ml. de agua desmineralizada y proceda en la forma normal. Multiplique el resultado por 40 en lugar de 20. Esto puede reducir la interferencia y obtenerse un vire de color más marcado.

Con aguas que contengan ácido mineral libre (como es el caso a la salida de una resina catiónica), la muestra debe ser neutralizada con solución de NaOH 1.0 N, como indicador puede usarse papel tornasol y se agrega suficiente hidróxido de sodio hasta que se obtenga un color azul.

En la presencia de ciertos iones, el cambio de color no podrá ser de rojo a azul, por ejemplo 500 ppm de cromatos no causan interferencia, sin embargo, el cambio de color será de rojo a verde debido al color amarillo de los cromatos. El verdadero punto final se toma cuando suceda el cambio de color; aún cuando no se obtenga un color azul.

#### MANERA DE ELIMINAR LAS INTERFERENCIAS.

- a).- Cobre.- Interfiere en el punto final porque forma un complejo con el indicador, la adición de dietilditiocarbamato a la solución de indicador elimina esta interferencia formando un complejo más estable.
- b).- Manganeso.- Si se encuentra presente como ión mangano ó manganeso, interfiere en la reacción porque produce un cambio de color no bien definido con el

negro de eriocromo T. Este inconveniente se elimina por reducción del manganeso con clorhidrato de hidroxilamina.

- c).- Fierro.- Interfiere si el indicador se añade antes que la solución reguladora, ya que se combina con el negro de eriocromo T, para dar un color rosado que impide observar la coloración azul en el punto final.

Cuando se añade la solución reguladora antes que el indicador, el fierro precipita en forma de hidróxido férrico. Se recomienda que el indicador contenga hidroxilamina, la cual reduce cualquier cantidad de fierro que haya quedado disuelta. Añadir una pequeña cantidad de cianuro de sodio en solución, para formar el ferrocianuro que es un complejo estable.

- d).- Aluminio.- Cuando se encuentra disuelto en cantidades mayores de 20 ppm hace que el punto final de la reacción no sea bien definido, lo cual se evita añadieño tartrato de sodio.

e).- Cobalto y Níquel.- Para que el cambio de color en el vire se observe fácilmente, en presencia de iones cobalto ó iones níquel que son coloridos, agregar una solución de cianuro de sodio al 10% con lo cual se forman complejos incoloros que no afectan la titulación.

#### MODIFICACIONES AL METODO DEBIDO A LAS INTERFERENCIAS.

#### REACTIVOS.

Indicador A.- Se mezclan 0.5 g. de eriocromo negro T con 4.5 g. de clorhidrato de hidroxilamina y se disuelven en 100 ml. de alcohol etílico de 96°C.

Indicador B.- Se mezclan 0.5 g. de eriocromo negro T con 4.5 g. de dietil-ditiocarbamato y se disuelven en 100 ml. de alcohol etílico de 96°C.

Solución de cianuro de sodio al 10% (acuosa)

Solución de tartrato de sodio al 10% (acuosa)

#### PROCEDIMIENTO

Los indicadores A y B se utilizan en la misma forma sólo en el caso de que las aguas contengan cobre, manganeso, fierro, aluminio, etc. Se mide la muestra problema, se añade 1 ml. de solución reguladora, 4 go-

tas de indicador A y 4 gotas de indicador B. Se titula con solución valorada de versenato, hasta que ocurre el cambio del rojo vino al azul claro.

Cuando la cantidad de cobre es mayor de 0.3 ppm ó la cantidad de fierro y aluminio es mayor de 20 ppm se toman 50 ml. de agua problema, se colocan en un matraz de 250 ml. de capacidad, se añaden 5 ml. de la solución reguladora, después 0.25 ml. de la solución de cianuro y 0.25 ml. de la solución de tartrato de sodio. Se mezcla y se agregan 4 gotas del indicador A. Titular con la solución de versenato de sodio hasta el cambio del rojo vino al azul turqueza.

El volúmen adicional de la solución reguladora se requiere para eliminar la alcalinidad que proviene de la hidrólisis del cianuro de sodio.

### TECNICA # 3

## DETERMINACION DE ALTO CONTENIDO DE SILICE ( $\text{SiO}_2$ ) EN AGUAS.

### PRINCIPIO DEL METODO.

Está basado en el color que se desarrolla en aguas que contienen sílice, al agregar ácido clorhídrico y molibdato de amonio se forma un color amarillo de un compuesto complejo sílico-molibdato, si después se agrega un agente reductor como el sulfito de sodio, este color cambia a azul.

El color azul producido es proporcional al contenido de sílice de la muestra y es medido en un absorbímetro EEL. Con la lectura obtenida y la carta de calibración para sílice del aparato se determina el contenido de sílice de la muestra.

### MATERIAL.

- a).- Un absorbímetro EEL.
- b).- Celdas de 2 cm.
- c).- Pipeta graduada de 10 ml.
- d).- Pipeta graduada de 5 ml.
- e).- 3 frascos de preferencia de polietileno para guardar soluciones.

## REACTIVOS.

- a).- Molibdato de amonio.
- b).- Acido clorhídrico concentrado.
- c).- Meta-silicato de sodio.
- d).- Sulfito de sodio.
- e).- Hidróxido de amonio.

## SOLUCIONES.

- a).- Solución S-1.- Diluir 136 ml. de ácido clorhídrico concentrado (38%) en agua destilada suficiente para hacer un litro de solución. La normalidad debe ser 1.64.
- b).- Solución S-2.- Disolver 100 g. de molibdato de amonio en un litro de agua destilada. Agregar 40 ml. de hidróxido de amonio y ajuste a un pH de 7.5 ( $\pm$  0.05).
- c).- Solución S-3.- Disolver 227 g. de sulfito de sodio anhidro en un litro de agua destilada.



## PROCEDIMIENTO.

- 1.- Medir con pipeta alícuotas de 7.5 ml. de muestra sin turbiedad (decantar ó filtrar) en vasos de precipitados.
- 2.- Agregar 1.5 ml. de S-1 en ambos vasos.
- 3.- Agregar 3.0 ml. de agua destilada a el primer vaso y 3.0 ml. de S-2 al segundo y esperar 2 minutos.
- 4.- Agregar 3.0 ml. de S-3 en ambos vasos, mezclar y dejar reposar durante 5 minutos después de la adición de la última solución.
- 5.- Usar celdas de 2 cm. y calibrar el absorbímetro a "cero" con el contenido del primer vaso y efectuar la lectura con el segundo usando filtro 608. Con referencia a la carta de calibración para sílice, obtener el contenido de sílice soluble de la muestra expresado en partes por millón de  $\text{SiO}_2$ .

Si el contenido es mayor de 11 ppm tomar menor cantidad de muestra, pudiendo ser 5 ml., 2.5 ml. ó 1 ml., completando con agua destilada para 7.5 ml.

NOTA: Si el agua destilada usada para diluir la muestra del agua problema con tiene algo de sílice puede causar error, para corregir ésto, verificar el contenido de sílice del agua para diluir usan do el procedimiento anterior.

Si el contenido de  $\text{SiO}_2$  excede de 0.3 ppm, substraer del valor obtenido de la muestra la cantidad de  $\text{SiO}_2$  introducida por el agua de dilución.

$$\text{Corrección} = \frac{\text{ml. de agua de dilución usado} \times \text{contenida de SiO}_2 \text{ en el agua de dilución}}{7.5}$$

#### LIMITACIONES DE LA PRUEBA.

La alcalinidad arriba de 150 ppm como  $\text{CaO}_3$  interfiere ligeramente dependiendo del con tenido de sílice.

Los fosfatos arriba de 150 ppm dan resultados ligeramente bajos.

El efecto de la alta alcalinidad y el alto contenido de fosfatos pueden eliminarse diluyendo la muestra.

SOLUCION DE SILICE. 1 ml. = 1 mg. de  $\text{SiO}_2$

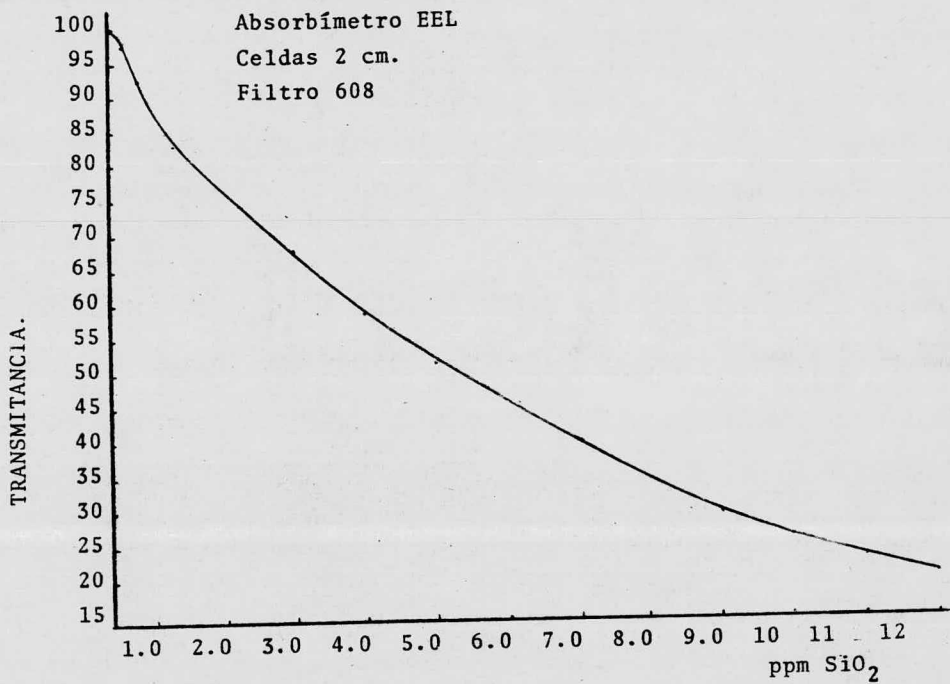
Disolver 4.8053 g. de meta-silicato de sodio  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , (97.6% de pureza) con agua destilada para preparar un litro de solución.

SOLUCION DE 50 ppm. de  $\text{SiO}_2$

Tomar 50 ml. de la solución anterior y diluir con agua para preparar un litro de solución.

SOLUCION PARA PREPARAR LA GRAFICA DE CALIBRACION.

12 ml. sol. 50 ppm	+ 38 ml. agua	= 50 ml. sol. 12 ppm.	$\text{SiO}_2$
10 ml. " " "	+ 40 ml. agua	= 50 ml. " 10 ppm	"
8 ml. " " "	+ 42 ml. agua	= 50 ml. " 8 "	"
7 ml. " " "	+ 43 ml. agua	= 50 ml. " 7 "	"
6 ml. " " "	+ 44 ml. agua	= 50 ml. " 6 "	"
5 ml. " " "	+ 45 ml. agua	= 50 ml. " 5 "	"
4 ml. " " "	+ 46 ml. agua	= 50 ml. " 4 "	"
3 ml. " " "	+ 47 ml. agua	= 50 ml. " 3 "	"
2 ml. " " "	+ 48 ml. agua	= 50 ml. " 2 "	"
1 ml. " " "	+ 49 ml. agua	= 50 ml. " 1 "	"



## DETERMINACION DE pH

## PRINCIPIO DEL METODO.

El pH de una solución es una medida de la efectividad de la concentración de ion hidrógeno ó más específicamente, la actividad del ión hidrógeno.

$$\text{pH} = -\log (\text{H}^+)$$

En soluciones acuosas la desviación en el pH de 7 son el resultado de la hidrólisis de sales ó bases fuertes y ácidos débiles o viceversa.

Gases disueltos tales como  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{NH}_3$  afectan el pH.

Dado que el pH es una medida de la acidez relativa ó alcalinidad del agua, su control es importante para el control de corrosión y formación de incrustaciones. Un pH bajo da origen a corrosión y formación de incrustaciones. Un pH bajo da origen a corrosión y un pH alto puede causar precipitación de  $\text{CaCO}_3$  como incrustación.

MATERIAL.

Potenciómetro.  
Eléctrodo de vidrio.  
Eléctrodo de calomel  
6 Eléctrodo combinado  
Vasos de precipitados.

REACTIVOS.

Soluciones reguladoras pH 4,  
7 y 10.

RECOMENDACIONES AL DETERMINAR EL pH.

- 1.- Tener cuidado de que los electrodos se encuentren en buenas condiciones. Por ejemplo, el electrododo de vidrio no debe estar roto, el electrododo de referencia debe tener suficiente solución saturada de KCl. Si se trata de un electrododo combinado la solución saturada es de KCl-AgCl.
- 2.- Ajustar el potenciómetro con soluciones reguladoras de pH 7 y pH 10 a la temperatura aproximada de la muestra al empezar la guardia. Se ajusta primero con solución de pH 7 y después se pone la solución de pH 10 y debe indicar aproximadamente este valor.

3.- Si alguno de los potenciómetros no dá resultado satisfactorio y hay duda se puede deber a:

- a).- Que una ó las 2 soluciones reguladoras estén contaminadas.
- b).- Cables en mal estado.- Cambiar por unos en buen estado.
- c).- Cables mal conectados.- Conectar correctamente tanto al aparato como a los electrodos.
- d).- Electrodos de referencia sucios ó con la solución saturada contaminada. Limpiar en baño ultrasónico durante 6 horas y luego cambiar la nueva solución saturada por una nueva.
- e).- Si las terminales de los cables están sucias ó sulfatadas.- Limpiar con tetracloruro de carbono.
- f).- Si al ajustar el potenciómetro la respuesta es lenta, puede deberse principalmente a que el electrodo de vidrio, no sirve.- Cambiar .

La experiencia ha enseñado que las discrepancias que se han tenido en la determinación del pH se deben principalmente a las causas mencionadas.

#### VERIFICACION DEL MEDIDOR Y DEL AMPLIFICADOR DE LOS POTENCIOMETROS BECKMAN ZEROMATIC SS-3.

Con el cordón de suministro de energía desconectado la aguja debe estar exactamente en 7 en la escala de pH. Si no es así, llevar exactamente a este valor con el tornillo que se encuentra en el hoyo localizado debajo de la escala de pH.

Oprimir el botón de "Standby" y ajustar el selector "Function" a la posición de pH. Conectar el cordón al suministro de energía.

Aflojar el candado del control de ajuste para que la perilla quede libre. Girar la perilla de un extremo a otro. Si la aguja se deflexiona  $3.0 \pm 0.1$  unidades de pH de la escala total el amplificador funciona adecuadamente.



PREPARACION DE SOLUCIONES  
REGULADORAS

REACTIVOS.

Biftalato de potasio.

Acido clorhídrico.

Fosfato de potasio monobásico

Hidróxido de sodio.

Bicarbonato de sodio

SOLUCIONES REGULADORAS pH-4

- a).- Solución de biftalato de potasio 0.1 M.  
Pesar 20.422 g. de biftalato de potasio previamente secado y disolver con agua libre de  $\text{CO}_2$ , aforar a 1 litro.
- b).- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N.  
Diluir 100 ml. de HCl IN a 1 litro.

Para 1 litro de solución pH 4 mezclar: 500 ml. de solución A + 1 ml. de B y aforar con agua hervida.

SOLUCIONES REGULADORAS pH-7.

- c).- Solución de fosfato de potasio monobásico 0.1 M  
Pesar 13.609 g. de fosfato de potasio monobásico previamente secado y disolver con agua hervida aforando a 1 litro.

d).- Solución de hidróxido de sodio 0.1 M.  
Pesar 4.0 g. de NaOH, disolver con agua hervida y aforar a 1 litro.

Para 1 litro de solución pH-7 mezclar:  
500 ml. de solución c + 291 ml. de d y aforar con agua hervida.

#### SOLUCIONES REGULADORAS pH 10

e).- Solución 0.05 M de bicarbonato de sodio.  
Pesar 4.2 g. de bicarbonato de sodio se  
cado previamente y disolver con agua her  
vida aforando a 1 litro.

f).- Solución 0.1 M de hidróxido de sodio.  
Pesar 4.0 g. de hidróxido de sodio, disol  
ver y aforar a 1 litro con agua hervida.

Para 1 litro de solución pH-10 mezclar: 500 ml. de solución e, y 107 ml. de f, y aforar a 1 litro.

## TECNICA # 5

### DETERMINACION DE SOLIDOS DISUELTOS O CONDUCTIVIDAD ESPECIFICA.

La conductividad específica de una muestra de agua se mide como la habilidad del agua para conducir la corriente eléctrica. En la prueba de conductividad los pequeños aumentos en la conductancia eléctrica pueden ser medidos y el instrumento generalmente es calibrado en micromhos. El agua es altamente resistente al transporte de una corriente eléctrica y por lo tanto su conductividad específica baja. Cuando el agua contiene iones se convierte en buen conductor de electricidad y su conductancia específica aumenta.

Esta propiedad de los iones de conducir la electricidad hace posible medir aproximadamente la cantidad de iones ó sólidos disueltos en la muestra de agua.

El factor de conversión de micromhos a ppm de sólidos disueltos varía ligeramente con diferentes muestras de agua y se puede establecer para cada planta.

Usando el método de neutralización con ácido gálico el factor de conversión de un micromhos a ppm de sólidos disueltos es 0.9. Este factor es aproximado para el agua de calderas de algunas plantas.

La prueba de conductividad para muestras de vapor da una medida aproximada de su pureza. La habilidad de los gases y sólidos de conducir la electricidad en muestras de agua hace posible detectar las pequeñas cantidades de esos materiales en solución.

Las muestras de condensados de vapor se analizan de la misma forma que las muestras de agua con excepción de que la muestra no es neutralizada con ácido gálico.

El factor de corrección para la conductividad en muestras de vapor condensado es de 0.5 á 0.6 ppm de sólidos disueltos por micromho.

SOLIDOS DISUELTOS.

Para determinación de sólidos disueltos en una muestra hacemos uso del Nalcómetro modelo MLN, es un aparato compacto, con un medidor de

sólidos disueltos ó conductividad, pesa menos de una libra y se pueden hacer las lecturas instantáneamente sin necesidad de calentar previamente.

La amplitud total de este instrumento es de 0 a 5000 ppm de sólidos disueltos, que es cubierto por 3 escalas separadas de 0 á 50 ppm y 0 á 5000 ppm con el correspondiente botón selector colocado a 10, 100 y 1000.

El Nalcómetro está provisto de un corrector automático de temperatura, la efectividad y exactitud es de 10 °C á 65.5 °C.

Si la muestra tiene una temperatura mayor de 65.5 °C, debe ser enfriada.

#### PREPARACION DE LA MUESTRA.

Las muestras de condensados ó agua destilada no requieren una preparación especial para ser analizadas. Sin embargo, la celda del Nalcómetro debe ser estrictamente lavada con una porción de la muestra que se va a analizar.

## METODO DE ACIDO SULFURICO

- 1.- Colocar el interruptor selector en "S" y oprimir el botón para comprobar el estandar interno. El medidor dara una lectura cuyo valor es el obtenido en el procedimiento de calibración del aparato. (3.75 en caso particular).
- 2.- Llenar un matraz de 125 ml. aproximadamente a la mitad con muestra problema.
- 3.- Agregar 2 gotas de indicador fenoltaleína a la muestra. Si no toma una coloración rosa llenar la celda del Nalcómetro y tomar la lectura. Si aparece una coloración rosa agregar unas gotas de  $H_2SO_4$  1.0 N hasta que la coloración desaparezca.

Agregar más muestra al matraz hasta que el tinte rosa aparezca nuevamente.

- 4.- Enjuagar la celda con la muestra problema.  
No sumerjir el Nalcómetro en agua.
- 5.- Colocar el interruptor selector en la amplitud apropiada. Llenar la celda con el problema.
- 6.- Oprimir el botón y tomar la lectura de la muestra.

ppm de sólidos disueltos = lectura x amplitud.

Nota: Para el cálculo de la conductividad específica de vapor condensado, multiplicar la lectura por 2, obteniendo el valor en micromhos.

## TECNICA # 6

### DETERMINACION DE SOLIDOS EN SUSPENSION, SOLIDOS DISUELTOS Y TOTALES.

SOLIDOS EN SUSPENSION .- Son los sólidos que quedan en el medio filtrante después de haber filtrado una muestra.

#### PROCEDIMIENTO.

Tomar 100 ml. de muestra y filtrar en "g<sup>oo</sup>ch" pues to a peso constante. Secar en la estufa durante 1 hora a 100-115 °C, enfriar en el desecador y pesar. La diferencia de pesos son los miligramos por 100 ml. de sólidos en suspensión, para obtener las ppm relacionar a un litro.

#### METODO MILLIPORE.

En filtro millipore puesto a peso constante en la estufa a 90 °C durante 30 minutos. Filtrar 100 ml. de muestra. Secar el filtro nuevamente a 90 °C durante 30 minutos. La diferencia de pesos son los miligramos por 100 ml. de sólidos en suspensión para obtener las ppm relacionar a un litro.

#### SOLIDOS DISUELTOS.

Son los sólidos contenidos en una muestra de agua después de filtrada, ó sea después de eliminar los sólidos en suspensión.

## PROCEDIMIENTO.

En cápsula de porcelana a peso constante evaporar los 100 ml. de muestra. La diferencia de pesos son los miligramos por 100 ml. de sólidos disueltos.

Una alternativa es la técnica anterior.

Sólidos = Sólidos en + Sólidos  
totales      suspensión      disueltos.



TURBIEDAD

Definiciones del A.S.T.M. Parte 31 1974 método D-1889-71.

PRINCIPIO DEL METODO.

Turbiedad.- Es la reducción de la transparencia de una muestra debido a la presencia de partículas de materia.

DEFINICIONES DE METODOS.

Turbiedad Jackson.- Una medida empírica de la turbiedad en aparato especial, basado en la medición de la profundidad de una columna de muestra de agua suficiente para extinguir la imagen de una bujía ó unidad limfínica observada verticalmente a través de la muestra.

Turbiedad Nefelométrica.- Una medida empírica de la turbiedad basada en la medición de la dispersión de luz (efecto Tyndall) característica de las partículas de materia en la muestra.

Turbiedad Absoluta.- Es la disminución fraccional de luz monocromática incidente a través de la muestra, integrando ambas dispersión y luz transmitida.

## EL TURBIDIMETRO MODELO 1860 "HACH"

El turbidímetro modelo 1860 para uso en el laboratorio está diseñado para la medición de turbiedad en variaciones bajas, medias y altas. Se emplea el principio nefelométrico, según el cual, la luz transmitida a través de un líquido es reflejada por la materia suspendida en este líquido. La cantidad de luz reflejada en un ángulo recto es detectada por las fotoceldas del instrumento y es directamente proporcional a la cantidad de turbiedad presente en el líquido que se analiza.

Las ventajas principales que ofrece este principio nefelométrico son las siguientes:

- 1.- Un haz de luz muy intenso puede transmitirse a través del líquido para lograr una alta sensibilidad y así la medición exacta de vestigios de turbiedad.
- 2.- El instrumento registra luz reflejada en proporción directa a la cantidad de turbiedad presente y por lo tanto, el turbidímetro indica cero cuando la turbiedad presente es verdaderamente cero.

- 3.- El color presente en la muestra a analizar no se registra como turbiedad.

Las características técnicas del turbidímetro modelo 1860, son las siguientes:

Amplitud de medición.

0-0.2,0-1.0,0-10,0-100,0-1000.

Calibración.

En unidades Jackson la turbiedad (JTU) basadas sobre formacina como material estandar.

Preparación del estandar de formacina.

- 1.- Disolver 5.0 g. de sulfato de hidracina grado reactivo ( $N_2H_4 \cdot H_2SO_4$ ) en 400 ml. de agua destilada.
- 2.- Disolver 50 g. de hexametilentetramina pura, en 400 ml. de agua destilada.
- 3.- Pasar las dos soluciones a un matraz volumétrico de 1 litro y aforar con agua destilada.
- 4.- Dejar reposar durante 48 horas la solución a 20-22 °C, en ese tiempo se desarrolla la suspensión.
- 5.- La suspensión patrón de formacina es estable aproximadamente durante 2 semanas. Las diluciones no son estables por más de una semana.

Unidades Jackson (JTU)	ml. de solución patrón 1000 ml. con agua libre de turbiedad.
1000 -----	250
500 -----	125
100 -----	25
50 -----	12.5
10 -----	2.5
5 -----	1.25
1 -----	0.25
0.5 -----	0.125
0.1 -----	0.025
0.01 -----	0.0025

También con una varilla de material plástico con valor de turbiedad permanente y predeterminado se efectúa la norma lización del instrumento sobre todas las variaciones. Esta operación se hace en pocos instantes.

Lectura directa.

Se suministra una escala precalibrada para cada varia- ción. Estas escalas son intercambiábles y calibradas directa mente en JTU. Mediante este sistema se eliminan todas las fuentes de errores inherentes relacionadas con otros sistemas de medición que requieren ajustes visuales de un campo iluminado y la interpretación de gráficas.

## TURBIDIMETRO HELDIGE

Procedimiento para medir la turbiedad.

Seleccionar la gráfica de calibración para la variación y medición deseada y poner en su lugar el filtro que designa la gráfica. Limpiar y secar cuidadosamente el tubo del turbidímetro de la profundidad especificada en la gráfica. Llenar el tubo hasta la marca con la muestra. Cuando se usa menos líquido no sumergir el fondo de la tapa ya que causa lecturas inexactas. También cuando se usa mucho líquido puede derramarse cuando se inserta la tapa.

Limpiar la tapa y meterla dentro del líquido sosteniéndolo el tubo ligeramente ladeado para evitar atrapar burbujas de aire debajo de la tapa. Si cualquier burbuja se adhiere, es fácil removerla levantando y quitando la tapa.

Las burbujas en el fondo del tubo deben ser quitadas con un agitador de vidrio que tenga en la punta hule. Secar cuidadosamente el exterior del tubo y colocarlo en la muesca circular de la unidad del espejo. Cerrar la puerta del aparato y encender la luz. Efectuar el balance inmediatamente de la intensidad de la mancha central con el campo observado alrededor girando la perilla que está en el lado derecho del instrumento.

Esta perilla controla el brillo del campo central. En general, hay un intervalo definido en que el campo de luz

aparece para balancear y este intervalo de intensidad de luz es mayor a mayores turbiedades.

No intentar estimar el punto medio del intervalo de la intensidad de luz uniforme, sino efectuar todas las lecturas girando la perilla, hacia valores mayores hasta que la mancha negra del centro del campo desaparezca.

En otras palabras el intervalo de iluminación uniforme se alcanza desde el lado más bajo (oscuro) y la lectura es tomada en el punto donde la primera parte obscura central se iguala con el campo circundante.

La tendencia general del operador es el obtener resultados ligeramente bajos en un principio porque le falta discernir el punto exacto en que la mancha del campo central desaparece completamente. Sin embargo, la percepción de la mancha obscura mejora con la práctica y el nuevo operador aprende rápidamente a obtener lecturas exactas y reproducibles. Leer la escala en la perilla cuando el brillo del campo se balancea y determina la turbiedad directamente de la gráfica.

En las muestras que tienen alta turbiedad realizar todas las operaciones lo más rápido posible para evitar que las partículas se asienten.

Para determinaciones precisas dispersar las partículas con el agitador de vidrio con hule en la punta y hacer una

segunda lectura.

Las muestras que tengan una turbiedad mayor de 150 ppm pueden analizarse diluyendo la muestra con agua de cero de turbiedad, y multiplicando el resultado final por el factor de dilución. Por ejemplo, si 10 ml. de muestra se diluyen a 50 ml., el resultado debe ser multiplicado por  $50/10 = 5$

Cuando use un tubo de 50 mm. de profundidad seleccionar la gráfica apropiada. Son cuatro las gráficas para este tubo: una para la escala más baja, de 0 a 1 ppm de  $\text{SiO}_2$  usando el filtro "Dark" (Este es el único caso en el que el espejo rectangular de la puerta debe de usarse girando la tapa que lo cubre hasta el tope superior, para el uso de este tubo); Una para la escala de 0 a 4 ppm usando el filtro "Dark"; Una para la escala de 0-15 ppm con el filtro "Light"; y otra para la escala de 0 a 50 ppm sin usar filtros.

Observaciones generales.

Si es necesario, cuidadosamente limpiar la mira con aire o con un lienzo de algodón.

Los tubos del turbidímetro y la tapa no están destinados para usarse con líquidos calientes. La temperatura de las muestras no debe ser mayor de  $49\text{ }^\circ\text{C}$ , enfriar antes de poner en el tubo.

DETERMINACION DE FIERRO EN AGUAS

Método O-fenantrolina (4,7 difenil 1,10 fenantrolina)

APARATOS NECESARIOS.

- a).- Absorbímetro EEL.
- b).- Dos Celdas de 1 cm.
- c).- Filtro 603.
- d).- Matraz volumétrico de 250 ml.
- e).- Pipeta volumétrica de 10 ml.

REACTIVOS NECESARIOS.

- 1.- Mezcla de los siguientes reactivos:
  - a).- Solución de clorhidrato de hidroxilamina.  
Disolver 3.1 g. de clorhidrato de hidroxilamina en 200 ml. de agua destilada
  - b).- Disolver 2.35 g. de O-fenantrolina en un litro de agua destilada, calentar si es estrictamente necesario para di solver.
  - c).- Disolver 240 g. de acetato de sodio hidratado ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$ ) en 500 ml. de agua destilada.
  - d).- Agregar 300 ml. de ácido acético glacial al reactivo (c).



MEZCLAR LOS REACTIVOS.-  $(a + b) + (c + d)$  y aforar con agua destilada hasta completar un volúmen total de 2.5 litros.

#### PROCEDIMIENTO

- 1.- Con una pipeta volumétrica tomar 10 ml. de la solución problema, y llevarla a un matraz volumétrico de 250 ml.
- 2.- Agregar 40 ml. de la mezcla de reactivos.
- 3.- Con agua destilada aforar a 250 ml.
- 4.- Agitar por inversión.
- 5.- Hacer un testigo usando agua destilada más reactivos y aforando a 250 ml. con agua.
- 6.- Llenar las celdas de 1 cm. con el problema y el testigo.
- 7.- Colocar dentro de la cámara del absorbímetro.
- 8.- Colocar el filtro no. 603.
- 9.- Medir la transmitancia (ajustando el aparato con el testigo = cero).
- 10.- Cálculos: leer en la curva de calibración adjunta. (% transmitancia contra ppm de fierro).

Nota: Si la lectura se sale de la escala, hacer diluciones.

Ejemplo: Si al tomar 10 ml. de muestra problema y adicionarle lo que ordena el método, la lectura se pasa (llega a cero); puede tomar menor cantidad de muestra problema y considerar el factor de dilución

DETERMINACION DE SULFATOS EN  
AGUAS

OBJETO.- El sulfato es determinado por titulación con solución de cloruro de bario hasta un punto final de coloración azul, usando carboxylarsenazo como indicador.

SOLUCIONES.

- a).- Carboxilarsenazo (0.01%w/v)  
Pesar 0.01 g. de carboxylarsenazo y diluir con agua destilada hasta 100 ml.
- b).- Acetona (grado comercial).
- c).- Cloruro de bario 0.02 N.  
Pesar 1.2215 g. de  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ,  
(Reactivo Merck No. 1719) disolver y diluir a 500 ml. con agua destilada.
- d).- Piridina (grado reactivo)
- e).- Acido clorhídrico 0.1N.

#### PROCEDIMIENTO.

Hacer cualquier dilución y tomarla en cuenta para los cálculos.

- 1.- Tomar 10 mililitros de muestra problema, (si toma 1 mililitro de muestra, agregar 9 mililitros de agua destilada).
- 2.- Agregar 50 ml. de acetona.
- 3.- Agregar 0.2 ml. de ácido clorhídrico 0.1N.
- 4.- Agregar 0.2 ml. de piridina.
- 5.- Agregar 1 ml. de indicador carboxilarsenazo.
- 6.- Agitar y titular con  $\text{BaCl}_2$  0.02N hasta color azul púrpura.

NOTA IMPORTANTE.- Por cada 2 ml. de  $\text{BaCl}_2$  que se gaste al titular, agregue 10 ml. de acetona, con el fin de mantener la relación agua acetona = 1/5.

#### CALCULOS.

$$\% \text{SO}_4 = w/v = \frac{(\text{ml. BaCl}_2) \times 0.02N \times 0.048 \times 100 \times F}{\text{volúmen muestra}}$$

F = Factor dilución

w = Peso en g.

v = Volúmen en ml.

ml. BaCl<sub>2</sub>

Total = ml. gastados BaCl<sub>2</sub> - ml. gastados BaCl<sub>2</sub>  
en problema en el blanco.

Nota.- Correr un testigo con 10 ml. de agua destilada más reactivos.

SOLIDOS SEDIMENTABLES EN AGUAS  
DE DESECHO

Generalidades.

Se conocen como sólidos sedimentables, aquellos que se encuentran en suspensión y se sedimentan bajo condiciones de reposo, por acción de la gravedad, únicamente los sólidos suspendidos con una gravedad es pecífica mayor que la del líquido que los contiene, se sedimentan. Los lodos producto de unidades de tratamiento de aguas, son acumulaciones de sólidos sedimentables.

Los sólidos sedimentables se pueden determinar y registrar por volúmen (ml/l) ó por peso (mg./l).

PROCEDIMIENTO.

- a).- Sólidos en volúmen: se llena un cono Imhoff, hasta el aforo de 1 litro, con una muestra perfectamente mezclada. Se deja reposar durante 45 minutos, se frota cuidadosamente, sin agitar el líquido, las paredes del cono, con una varilla de vidrio o haciendo girar el cono repetidamente; se deja reposar otros 15 minutos y se registra el volúmen de sólidos sedimentados en el cono, como ml/l.

b).- Sólidos en peso: Esta técnica define los sólidos sedimentables, como aquellos que no se mantienen en suspensión durante el período de reposo o bien sea porque se sedimentan en el fondo, ó porque flotan en la superficie.

## CURVAS DE CALIBRACION

Las curvas de calibración de los métodos colorimétricos preparadas principalmente en un absorbímetro EEL (Evans Electroselenium Limited) pueden desarrollarse en un filtrofotómetro ó espectro fotómetro de cualquier marca comercial. Para facilitar el trabajo de aquellos que desean realizar las curvas de calibración en otros aparatos comerciales se anotan a continuación las longitudes de onda aproximadas de cada uno de los filtros del E.E.L.

Filtro No.	Longitud de onda m.u.
601	403
602	470
603	490
604	520
605	550
606	580
607	600
608	660
609	680

Las longitudes de onda de la tabla anterior son aproximadas, y en cada aparato se debe explorar la óptima para cada determinación.



PUNTOS DONDE SE DEBE VERIFICAR FISICAMENTE EL  
AGUA QUE VA A DRENAJE

- I Bombas de vacío.
- II Sistema de enfriamiento de aire a calandria.
- III Tanque de agua blanca (sollo del filtro de discos).
- IV Tanque de sello (de piernas barométricas de cajas de succión).
- V Fosa de pasta recuperada en prensas.
- VI Sellos de bombas, agitadores, refinadores, etc.
- VII Drenajes del sistema de tratamiento de aguas y calderas.
- VIII Inspeccionar todos los medidores de flujo de drenajes que se tengan en planta.

5.0 CONCLUSIONES

A nivel industrial cada vez se hace más notoria la escases del agua, y así a partir del desarrollo de este trabajo se puede puntualizar la importancia que tiene el ahorrar al máximo este preciado líquido.

Así la forma o formas que se sugieren para poder ahorrar al máximo el agua es a base de recirculaciones, tratando los efluentes, para poderlos volver a utilizar dentro del proceso, dentro de una racionalidad económica, ya que se tiene que contemplar la posición del industrial de esta rama frente a la necesidad de este ahorro que cada día se hace más imperiosa.

Por otro lado, es necesario hacer notar el valor que tiene el reglamento de control de contaminación en cuanto a la posición que se debe guardar, tanto para ahorrar el agua, como para cuidar el que no se contamine, puesto que de esto depende el hecho de poder volverla a utilizar dentro de lo que se le ha llamado racionalidad económica.

Otro punto que se debe añadir a estas conclusiones es que los sistemas descritos para volver a usar el agua tienen como finalidad no dar la solución al problema final, es decir, no dar una solución de paso, sino que dichos sistemas están basados en una medida correctiva del proceso, pues no tendría caso atacar los efectos sin atacar las causas que producen dichos efectos, pues que en un mayor ó menor grado el problema podría quedar latente.

Ahora bien, se debe mencionar que dichas soluciones no son excluyentes,

es decir, el hecho de proponer el tratamiento de aguas blancas no excluye el recomendar la recirculación del agua de sellos hidráulicos (de bombas y agitadores), y el agua de los sellos de las bombas de vacío ya que el objetivo de este trabajo no es solamente reducir la contaminación por las descargas líquidas, sino también, el aprovechar a su máximo el agua por medio de recirculaciones.

Es notorio que la mayor contaminación de agua esté presente en la planta de pulpa en donde si se quisiera tratar el agua, dicho tratamiento sería sumamente costoso debido a la gran cantidad de compuestos orgánicos, por lo que se prefiere volver a circular estas corrientes e introducir las a la caldera de recuperación dado el gran poder calorífico que poseen estos compuestos.

En cuanto a lo que se refiere a las descargas que se realizan en el área de papel, éstas no son susceptibles de tratamiento dado a que estas descargas son despreciables en cuanto a cantidad.

Es preciso señalar que es necesario el verificar todas las descargas hechas a drenaje puesto que de esto depende el control no sólo de la contaminación hecha por éstas descargas, sino también, el tener un registro que en un momento nos ayude a tener datos para ver la factibilidad de su tratamiento y/o recirculación.

6.0 APENDICES Y ANEXOS

ABREVIACIONES USADAS EN LA ESPECIFICACION DE  
CALIDAD DE AGUA

ABS	Sustancias activas al azul de metileno (sulfonato de alquil benceno).
AC	Acidez
AL	Alcalinidad
DBO	Demanda biológica de oxígeno.
DQO	Demanda química de oxígeno.
DIO	Demanda inmediata de oxígeno
DT	Dureza total
GRA	Grasas y aceites
MF	Material flotante
NMF	Número más probable de coliformes fecales
NMP	Número más probable de coliformes
OD	Oxígeno disuelto
pH	Potencial de hidrógeno
SD	Sólidos disueltos.
SDF	Sólidos disueltos fijos

SS	Sólidos en suspensión
SSF	Sólidos en suspensión fijos
SST	Sólidos en suspensión totales
SSV	Sólidos en suspensión volátiles
ST	Sólidos totales
STF	Sólidos totales fijos
T	Temperatura
T $\theta$	Tono
PU	Pureza
LU	Luminosidad
L $\theta$	Longitud de onda
NT	Nitrogeno
FT	Fosfatos totales
STV	Sólidos totales volátiles
Q	Gasto l/min
GR	Grado de recirculación
IC	Indice de extracción
JTU	Unidades Jackson de turbiedad
TDH	Carga dinámica de la bomba

ESPECIFICACION DE CORRIENTES PARA LOS  
DIAGRAMAS DE FLUJO

No.	Fluido	Kg. fibra/1	l /min	Consistencia	Concent. % peso.
1	Madera (70% seca)	15667	--	--	--
2	Astillas	15438	--	--	--
3	Aserrín	229	--	--	--
4	Astillas	15416	--	--	--
5	Rechazos	1604	--	--	--
6	Aserrín	77	--	--	--
7	Astillas	1599	--	--	--
8	Aserrín	5	--	--	--
AB	9	Astillas	35971	--	--
AC	10	Pulpa Café	32085	4975	10.9
AD	11	Vapor (15 Kg/cm )	--	197	--
	12	Pulpa Café	7400	4111	3.0
	13	Pulpa Café	7296	9354	1.3
	14	Pulpa Café	7196	8279	1.43
	15	Licor Negro	300	10247	0.05
	16	Pulpa Café	7111	8194	1.45
	17	Licor Negro Débil	--	8359	--
	18	Pulpa Café	7041	466	3.0
	19	Pulpa Café	9083	7569	2.0
	20	Pulpa Café	8238	6865	2.0
	21	Pulpa Café	7579	7430	1.7
	22	Pulpa Café	7040	8340	1.4
	23	Pulpa Café	8266	17221	0.8
	24	Pulpa Café	7026	15499	0.76
	25	Pulpa Café	7020	1172	10
	26	Pulpa Café	7020	3546	3.3



No.	Fluido	Kg. fibra/l	l /min	Consistencia	Concent. % peso.	
E	27	Vapor	--	5.6	--	--
K	28	Aguarrás	--	2.6	--	--
F	29	Condensado	--	3.0	--	--
	30	Agua Fresca	--	170.0	--	--
H	31	Vapor	--	112.0	--	--
I	32	Agua Blanca	--	1250	--	--
J	33	Agua Blanca	--	1362	--	--
L	34	Vapor	--	3.0	--	--
	35	Licor Negro	--	3083	--	--
	36	Licor Negro	--	5376	--	--
	37	Nudos	6240	133	--	--
G	38	Licor Blanco	--	625	--	--
M	39	Licor Negro	--	Max. 638	--	--
	40	Licor Negro	--	780	--	--
	41	Licor Negro	--	1520	--	--
	42	Licor Negro	--	6839	--	--
	43	Licor Negro	300	934	--	16.00
	44	Licor Negro Débil	--	1548	--	--
	45	Licor Negro Débil	--	6716	--	--
	46	Licor Negro Débil	--	8264	--	--
	47	Agua Caliente	--	1526	--	--
	48	Agua Blanca	--	4785	--	--
	49	Pulpa Café	845	704	2.0	--
	50	Pulpa Café	1197	1535	1.3	--
	51	Agua Café	--	Max. 2337	--	--
	52	Rechazos	--	Normal	--	--
	53	Pulpa Café	659	314	3.5	--
	54	Agua Blanca	--	879	--	--
	55	Pulpa Café	539	300	3.0	--
	56	Agua Blanca	--	1210	--	--
	57	Rechazos	14	57	0.22	--
	58	Rechazos Limpiador	1240	1722	1.2	--

No.	Fluido	Kg. fibra/l	l /min	Consistencia	Concent. % peso
59	Acceptado Limpiador Sec.	1226	3338	0.61	--
60	Alimentación Limpia dor Sec.	1443	3700	0.65	--
61	Rechazos Limpiador Sec.	217	362	1.0	--
62	Alimentación Limpia dor Terc.	217	904	0.4	--
63	Acceptado Limpiador Terc.	203	950	0.35	--
64	Agua Blanca	--	104	--	--
65	Agua Blanca	--	5543	--	--
66	Agua Blanca	--	1028	--	--
67	Agua Blanca	--	542	--	--
68	Pérdidas Miscelaneas	6	1	10.0	--
69	Agua Caliente	--	300	--	--
70	Agua Blanca	--	14626	--	--
71	Agua Blanca	--	2374	--	--
72	Agua Blanca	--	7217	--	--
73	Desechos	--	Normal	--	--
74	Pulpa Café	300	50	10.0	--
75	Cloro	351	--	--	--
76	Agua Caliente	--	220	--	--
77	Pulpa	7020	3766	3.1	--
78	Pulpa	6708	3766	2.97	--
79	Pulpa	6708	1118	10.0	--
80	Pulpa	6708	1783	8.54	--
81	Pulpa	6536	3727	2.93	--
82	Pulpa	6536	1151	10.0	--
83	Pulpa	65421	3631	2.95	--
84	Pulpa	6421	1089	9.83	--

No.	Fluido	Kg. fibra/l	l /min	Consistencia	Concent. % peso
85	Pulpa	6421	1139	9.4	--
86	Pulpa	6319	3567	2.95	--
87	Pulpa	6319	1076	9.79	--
88	Pulpa	6250	3511	2.97	--
89	Pulpa Blanqueada	6250	1092	10.0	--
90	Pulpa Blanqueada	6250	2604	4.0	--
91	Pulpa Blanqueada	6250	386	27.0	--
92	Agua Blanca	--	7414	--	--
P 93	Agua Caliente	--	640	--	--
94	Agua Blanca	--	260	--	--
Q 95	Agua Blanca	--	11152	--	--
R 96	Agua Blanca	--	3738	--	--
S 97	Agua Blanca	--	1364	--	--
T 98	Agua Blanca	--	1899	--	--
U 99	Agua Fresca	--	Normal	--	--
Ø 100	Sosa Cáustica	201	74	--	4.5
101	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	91	--	--
102	Agua Blanca	--	2444	--	--
103	Agua Blanca	--	7197	--	--
V 104	Agua Caliente	--	300	--	--
V 105	Agua Fresca	--	Normal	--	--
W 106	Agua Fresca	--	Normal	--	--
107	Agua Blanca	--	260	--	--
108	Agua Blanca	--	10605	--	--
109	Hipoclorito de Sodio	137	62	--	3.7
110	Agua Blanca	--	2480	--	--
111	Agua Blanca	--	7071	--	--
P 112	Agua Caliente	--	640	--	--
W 113	Agua Fresca	--	Normal	--	--
114	Agua Blanca	--	250	--	--
115	Agua Blanca	--	10712	--	--
116	Agua Blanca	--	1161	--	--

No.	Fluido	Kg. fibra/l	l /min	Consistencia	Concent. % peso
117	Agua Blanca	--	901	--	--
118	Agua Blanca	--	1605	--	--
119	Sosa Cáustica	52	19	--	4.5
120	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	50	--	--
121	Agua Blanca	--	2428	--	--
122	Agua Blanca	--	6965	--	--
V	123	Agua Caliente	--	320	--
V	124	Agua Fresca	--	Normal	--
	125	Agua Blanca	--	260	--
	126	Agua Blanca	--	10249	--
Ø	127	Hipoclorito de Sodio	51	23	--
	128	Agua Blanca	--	2435	--
	129	Agua Blanca	--	5751	--
P	130	Agua Caliente	--	640	--
W	131	Agua Fresca	--	Normal	--
	132	Agua Blanca	--	10205	--
	133	Agua Blanca	--	864	--
	134	Agua Blanca	--	604	--
	135	Agua Blanca	--	1210	--
	136	Agua Blanca	--	3970	--
	137	Pulpa Blanqueada	N	N	4.0
	138	Agua Blanca	--	8970	--
	139	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	19	--
	140	Agua Fresca	--	480	--
	141	Agua Blanca	--	11687	--
	142	Agua Blanca	--	2717	--
	143	Agua Blanca	--	1562	--
X	144	Agua Fresca	--	Normal	--
	145	Agua Blanca	--	1155	--
	146	Agua Fresca	--	230	--

No.	Fluido	Kg. fibra/l	l /min	Consistencia	Concent. % peso	
	147	Agua Fresca	--	230	--	--
Y	148	Agua Fresca	--	230	--	--
	149	Licor Negro	--	664	--	16.0
	150	Licor Negro	--	620	--	17.8
	151	Licor Negro	--	500	--	22.0
	152	Licor Negro	--	360	--	30.6
	153	Licor Negro	--	220	--	50.0
	154	Licor Negro	--	200	--	55.0
Ø	155	Inorgánicos	2878	--	--	--
	156	Licor Verde	--	514	--	--
	157	Licor Verde	--	514	--	--
	158	Licor Verde	--	537	--	--
	159	Licor Apagado	--	545	--	--
	160	Licor Apagado	--	545	--	--
	161	Licor Apagado	--	545	--	--
	162	Licor Blanco	--	625	--	--
	163	Vapor	--	64	--	--
	164	Vapor	--	120	--	--
	165	Vapor	--	140	--	--
	166	Vapor	--	140	--	--
	167	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	149	--	--
	168	Condensado	--	120	--	--
	169	Condensado	--	140	--	--
	170	Condensado	--	153	--	--
	171	Condensado	--	149	--	--
	172	Vapor	--	13	--	--
	173	Condensado	--	136	--	--
	174	Agua Fresca	--	5428	--	--
	175	Condensado	--	64	--	--
	176	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	4	--	--
	177	Agua Fresca	--	200	--	--
	178	Condensado	--	204	--	--

No.	Fluido	Kg. fibra/1	l /min	Consistencia	Concent. % peso
179	Condensado	--	268	--	--
180	Condensado	--	413	--	--
181	Vapor	--	20	--	--
182	Sulfato de Sodio	188	--	--	--
183	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	479	--	--
184	Agua Tratada	--	504	--	--
185	Purgas	--	25	--	--
186	Vapor	--	200	--	--
187	Lavado Débil	--	524	--	--
188	Vapor	--	10	--	--
Z 189	Agua Fresca	--	Normal	--	--
190	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	23	--	--
Ø 191	Oxido de Calcio	75	--	--	--
192	Agua Caliente	--	8	--	--
193	Agua Caliente	--	80	--	--
194	Agua Fresca	--	131	--	--
195	Lodos de Cal	--	166	--	--
196	Agua Caliente	--	17	--	--
197	Agua Caliente	--	35	--	--
198	Lavado Débil	--	231	--	--
199	Lodos de Cal	--	52	--	--
200	Agua Fresca	--	100	--	--
201	Vapor	--	52	--	--
Ø 202	Oxido de Calcio	1637	--	--	--
203	Agua Caliente	--	140	--	--
204	Agua Fresca	--	126	--	--
205	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	14	--	--
206	Agua Fresca	--	57	--	--
207	Agua Fresca	--	76	--	--
208	Agua Fresca	--	150	--	--
209	Agua Fresca	--	150	--	--
210	Agua Fresca	--	170	--	--

No.	Fluido	Kg fibra/1	l /min	Consistencia	Concent. % peso
211	Agua Fresca	--	60	--	--
212	Vapor( 3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	10	--	--
213	Vapor( 3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	10	--	--
214	Vapor( 3,5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	10	--	--
215	Vapor( 3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	30	--	--
216	Agua Caliente	--	2560	--	--
217	Agua Caliente	--	4086	--	--
218	Agua Caliente	--	800	--	--
219	Agua Caliente	--	4886	--	--
220	Agua Caliente	--	190	--	--
221	Agua Caliente	--	190	--	--
222	Agua Caliente	--	190	--	--
223	Agua Caliente	--	190	--	--
224	Agua Caliente	--	190	--	--
225	Agua Caliente	--	950	--	--
226	Agua Caliente	--	1250	--	--
227	Vapor (3,5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	268	--	--
228	Vapor	--	24	--	--
229	Condensado	--	244	--	--
230	Agua Caliente	--	416	--	--
AA 231	Agua Fresca	--	Normal	--	--
Ø 232	Sosa Cáustica	255	93	--	4.5
Ø 233	Hipoclorito de Sodio	188	85	--	3.7
Ø 234	Sosa Cáustica	202	75	--	4.5
Ø 235	Cloro	180	--	--	--
Ø 236	Hipoclorito de Sodio	188	75	--	4.17
237	Agua Tratada	--	10	--	--
Ø 238	Cloro	531	--	--	--
239	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	1	--	--
Ø 240	Sosa Cáustica	455	15	--	50.0
Ø 241	Sosa Cáustica	455	38	--	20.0
242	Agua Tratada	--	23	--	--
243	Agua Tratada	--	130	--	--

No.	Fluido	Kg fibra/1	l /min	Consistencia	Concent. % peso
244	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	141	--	--
245	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	145	--	--
246	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	725	--	--
247	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	150	--	--
248	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	134	--	--
249	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	578	--	--
250	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	342	--	--
251	Vapor (17.6 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	137	--	--
252	Agua Caliente	--	5428	--	--
253	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	186	--	--
254	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	205	--	--
255	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	235	--	--
256	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	200	--	--
257	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	70	--	--
258	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	8	--	--
259	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	64	--	--
260	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	6	--	--
261	Condensado	--	134	--	--
262	Purgas	--	38	--	--
263	Agua Tratada	--	763	--	--
264	Agua Tratada	--	402	--	--
265	Purgas	--	25	--	--
266	Agua Cruda	--	584	--	--
267	Agua Tratada	--	157	--	--
268	Vapor (3.5 Kg/cm <sup>2</sup> )	--	10	--	--
269	Condensado	--	197	--	--
270	Vapor	--	46	--	--
271	Condensado	--	529	--	--
272	Agua Blanca	--	1155	--	--
273	Agua Blanca	--	2089	--	--
AB	274	Agua Fresca	--	Normal	--
AC	275	Agua Fresca	--	Normal	--
AD	276	AGua Fresca	--	Normal	--



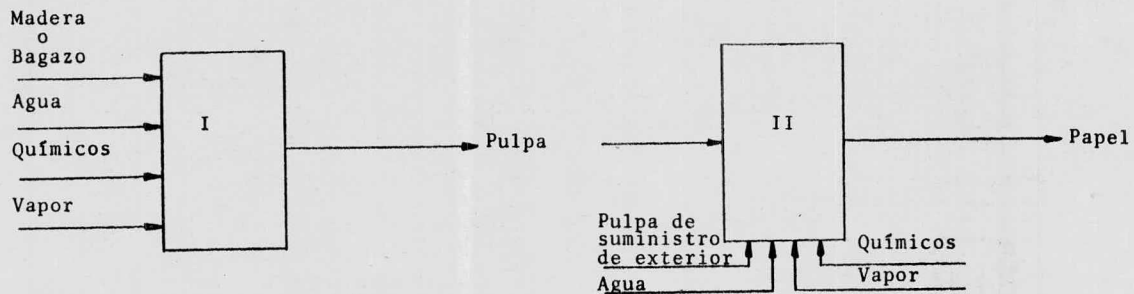
No.	Fluido	Kg fibra/l	l /min	Consistencia	Concent. % peso	
AE	277	Agua Fresca	--	230	--	--
	278	Agua Fresca	--	450	--	--
AF	279	Agua Fresca	--	728	--	--
AG	280	Agua Fresca	--	7178	--	--
AH	281	Agua Fresca	--	7348	--	--
AI	282	Agua Cruda	--	8528	--	--
AJ	283	Purgas	--	200	--	--
	284	Agua Cruda	--	200	--	--
	285	Agua Cruda	--	300	--	--
	286	Agua Cruda	--	70	--	--
	287	Agua Cruda	--	300	--	--
AK	288	Agua Cruda	--	9398	--	--
AC	289	Agua Cruda	--	9982	--	--
AM	290	Agua Cruda	--	5546	--	--
	291	Agua Fresca	--	293	--	--
	292	Agua Fresca	--	500	--	--
	293	Agua Fresca	--	30	--	--
	294	Agua Fresca	--	470	--	--
	295	Agua Fresca	--	Normal	--	--

- NOTAS:
- A.- Corriente Intermitente.
  - B.- Flujo Promedio 15 416 Kg. p.n. fibra.
  - C.- Flujo Promedio 1 140 l/min.
  - D.- Flujo Promedio 15584 Kg/h
  - E.- Flujo Promedio 336. l/min.
  - F.- Flujo Promedio 181 Kg/h
  - G.- Flujo Máximo 1460 l/min.
  - H.- Flujo Intermitente 534 l/min.
  - I.- Flujo Intermitente 5524 l/min.
  - J.- Flujo Intermitente 6058 l/min.
  - K.- Flujo Intermitente 155 Kg/h

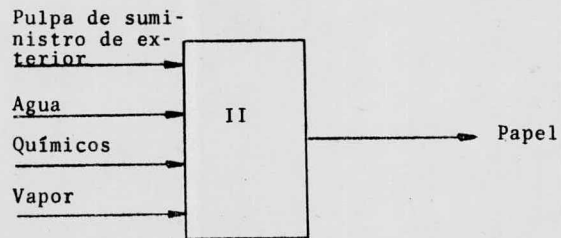
- L.- Flujo Máximo 30 l/min.
- M.- Flujo Máximo 618 l/min.
- N.- Depende del número de máquinas de papel, para una es 3730 Kg/h
- O.- Los Kg/h corresponden al reactivo químico agregado.
- P.- Gasto Máximo 960 l/min.
- Q.- Gasto Máximo 11222 l/min.
- R.- Gasto Máximo 3805 l/min.
- S.- Gasto Máximo 1434 l/min.
- T.- Gasto Máximo 3125 l/min.
- U.- Gasto Máximo 3125 l/min.
- V.- Gasto Máximo 450 l/min.
- W.- Gasto Máximo 200 l/min.
- X.- Gasto Máximo 930 l/min.
- Y.- Gasto Máximo 960 l/min.
- Z.- Gasto Máximo 524 l/min.
- AA.- Gasto Máximo 5336 l/min.
- AB.- Gasto Máximo 1536 l/min.
- AC.- Gasto Máximo 4000 l/min.
- AD.- Gasto Máximo 1000 l/min.
- AE.- Gasto Máximo 1230 l/min.
- AF.- Gasto Máximo 6443 l/min.
- AG.- Gasto Máximo 9013 l/min.
- AH.- Gasto Máximo 9183 l/min.
- AI.- Gasto Máximo 9446 l/min.
- AJ.- Gasto Máximo 206 l/min.

AK.-	Gasto	Máximo	10316	1/min.
AL.-	Gasto	Máximo	12325	1/min.
AM.-	Gasto	Máximo	5675	1/min.

1.- PLANTA INTEGRADA



2.- PLANTA NO INTEGRADA



I: PLANTA DE PULPA

II: PLANTA DE PAPEL

**UNAM. FACULTAD DE QUIMICA**

- TESIS PROFESIONAL -

TITULO:

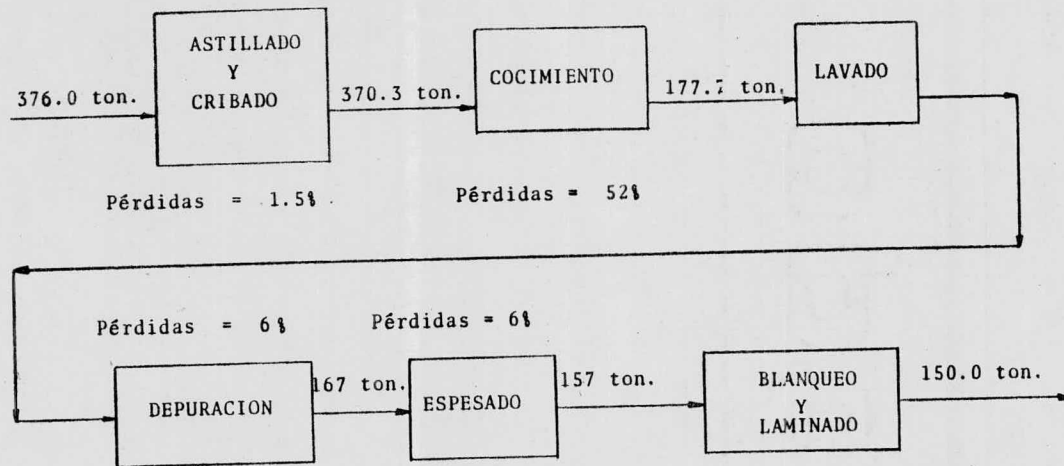
DIAGRAMA DE PLANTAS

DIAG. N°

001

FECHA:

JUNIO-78



**UNAM FACULTAD DE QUIMICA**  
 - TESIS PROFESIONAL -

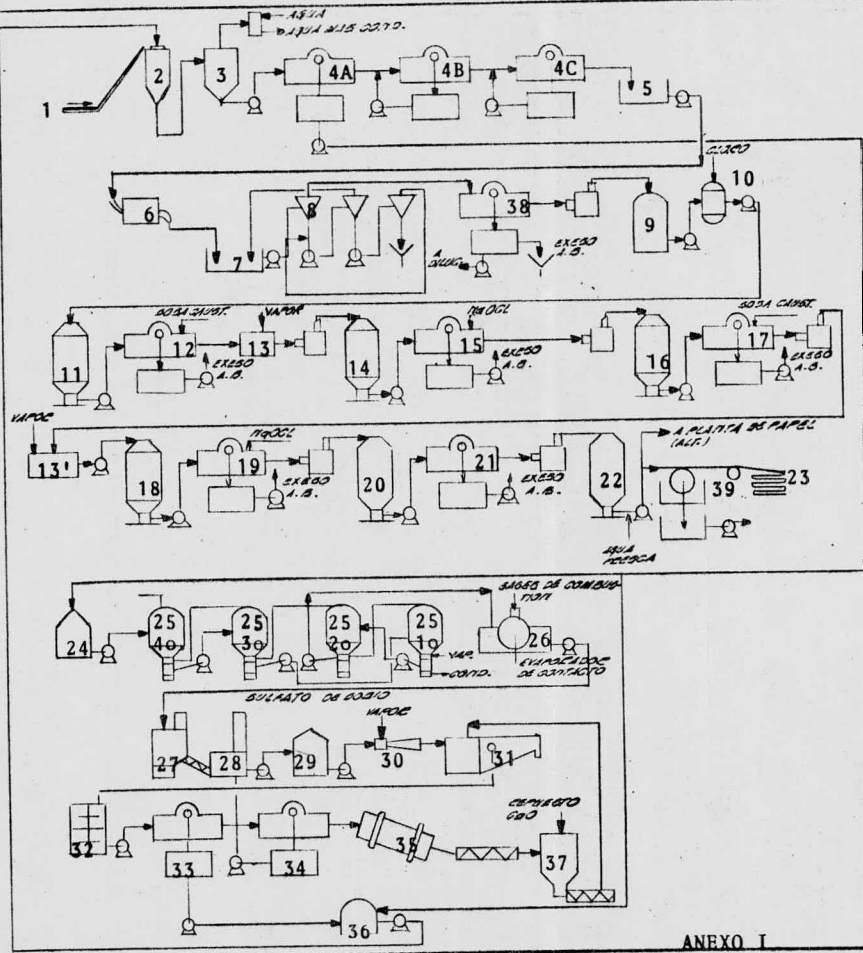
TITULO: DIAGRAMA DE FLUJO

DIAG. N°

002

FECHA:

JUNIO-78



ANEXO I

**UNAM FACULTAD DE QUIMICA**  
- TESIS PROFESIONAL

TITULO:  
**DIAG. DE PROCESO PARA PULPA.**

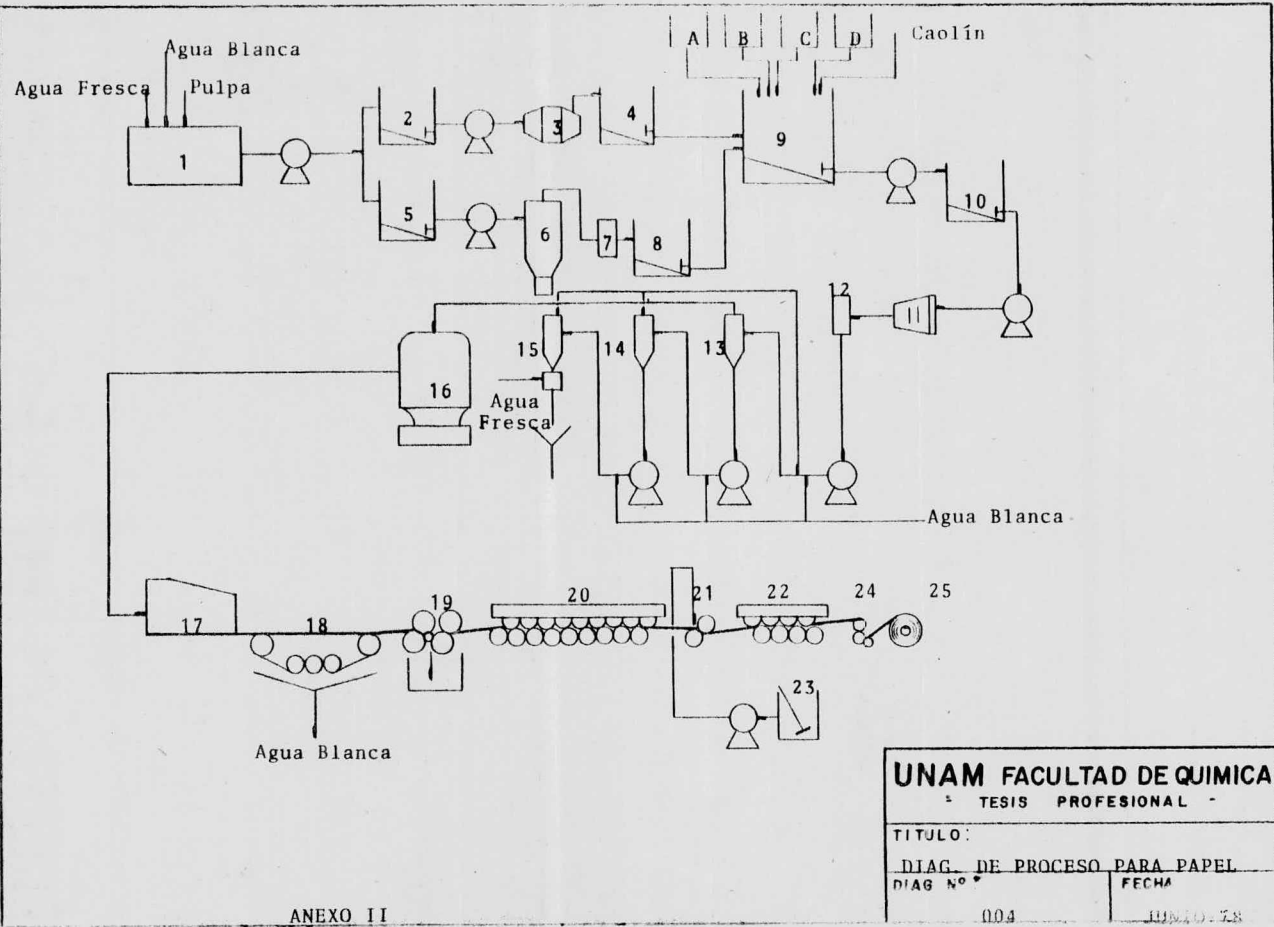
DIAG. N°  
003

FECHA:  
JUNIO-78

- 1.- Patio de madera.
- 2.- Cocedores.
- 3.- Tanque de soplado.
- 4-A.- 1a. Lavadora de pulpa café.
- 4-B.- 2a. Lavadora de pulpa café.
- 4-C.- 3a. Lavadora de pulpa café.
- 5.- Tanque de almacenamiento de pulpa café.
- 6.- Cernidores primarios.
- 7.- Tanque de alimentación a limpiadores.
- 8.- Limpiadores de pulpa café.
- 9.- Tanque de almacenamiento de pulpa café.
- 10.- Mezclador de cloro.
- 11.- Torre de cloración.
- 12.- Lavadora de cloro.
- 13.- Primer mezclador de vapor.
- 13.- 2o. Mezclador de vapor.
- 14.- 1a. Torre de extracción alcalina.
- 15.- 1a. Lavadora de sosa.
- 16.- 1a. Torre de hipoclorito.
- 17.- 1a. Lavadora de hipoclorito.
- 18.- 2a. Torre de extracción alcalina.
- 19.- 2a. Lavadora de sosa.
- 20.- 2a. Torre de hipoclorito.
- 21.- 2a. Lavadora de hipoclorito.
- 22.- Tanque Almac. pulpa blanca.
- 23.- Pulpa laminada.
- 24.- Tanque de almacenamiento de licor negro débil.
- 25.- Evaporador de licor negro.
- 26.- Evaporador de contacto directo.
- 27.- Caldera de recuperación.
- 28.- Tanque de disolución.

- 29.- Tanque de almacenamiento de licor verde.
- 30.- Calentador de licor verde.
- 31.- Apagador de cal.
- 32.- Caustificador.
- 33.- Filtro de licor blanco.
- 34.- Filtro de lodos.
- 35.- Horno de cal.
- 36.- Tanque de preparación de licor de cocimiento.
- 37.- Silo de cal.
- 38.- Espesador.
- 39.- Laminadora.





ANEXO II

**UNAM FACULTAD DE QUIMICA**

TESIS PROFESIONAL

TITULO:

DIAG. DE PROCESO PARA PAPEL

DIAG N° \*

FECHA

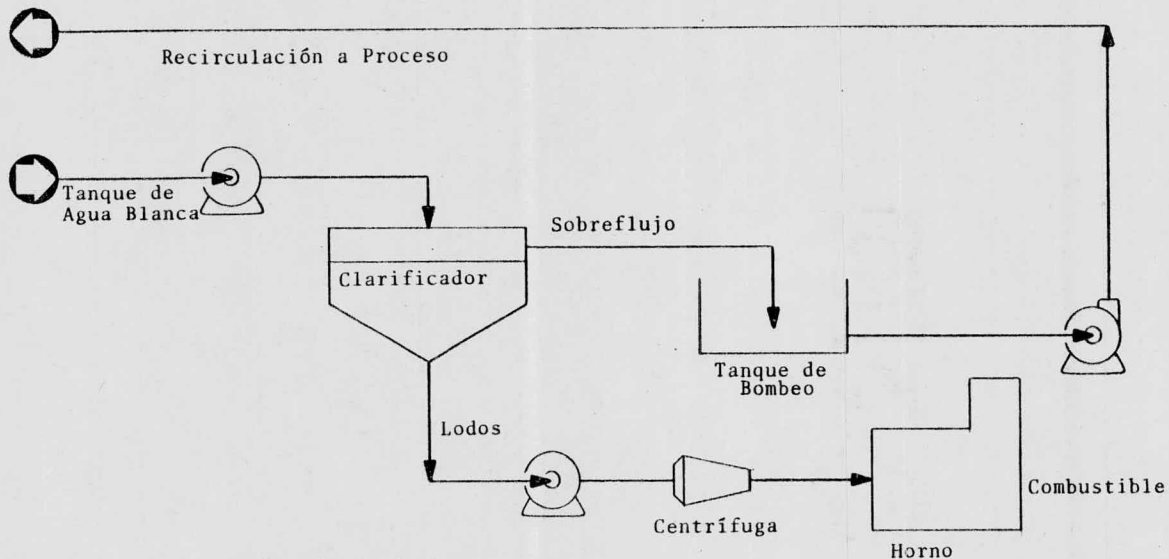
009

11/10/78

... 179

- A.- Almidón interno.
- B.- Alumbre.
- C.- Resina.
- D.- Color.

- 1.- Desmenuzadora principal.
- 2.- Tanque de pulpa.
- 3.- Refinador.
- 4.- Tanque de pulpa refinada.
- 5.- Tanque de merma.
- 6.- Depurador.
- 7.- Desfibrador.
- 8.- Tanque de almacenamiento de merma.
- 9.- Tanque de mezcla.
- 10.- Tanque de la máquina.
- 11.- Refinador.
- 12.- Caja de paso.
- 13.- Limpiador centrífugo.
- 14.- Limpiador centrífugo.
- 15.- Limpiador centrífugo.
- 16.- Limpiador a presión.
- 17.- Caja de entrada.
- 18.- Mesa fourdrinier.
- 19.- Prensas.
- 20.- 1a. , 2a. y 3a sección de secado.
- 21.- Prensa de encolado.
- 22.- 4a. sección de secado.
- 23.- Cocedor de almidón.
- 24.- Calandria.
- 25.- Embobinadora.



- NOTAS:
1. Flujo Estimado de Agua a tratar 3000 l/min.
  2. La proposición es para una planta no integrada.
  3. Base del cálculo 150 t/d de papel.

**UNAM FACULTAD DE QUIMICA**  
- TESIS PROFESIONAL -

TITULO TRATAMIENTO PROPUESTO DE  
AGUAS BLANCAS

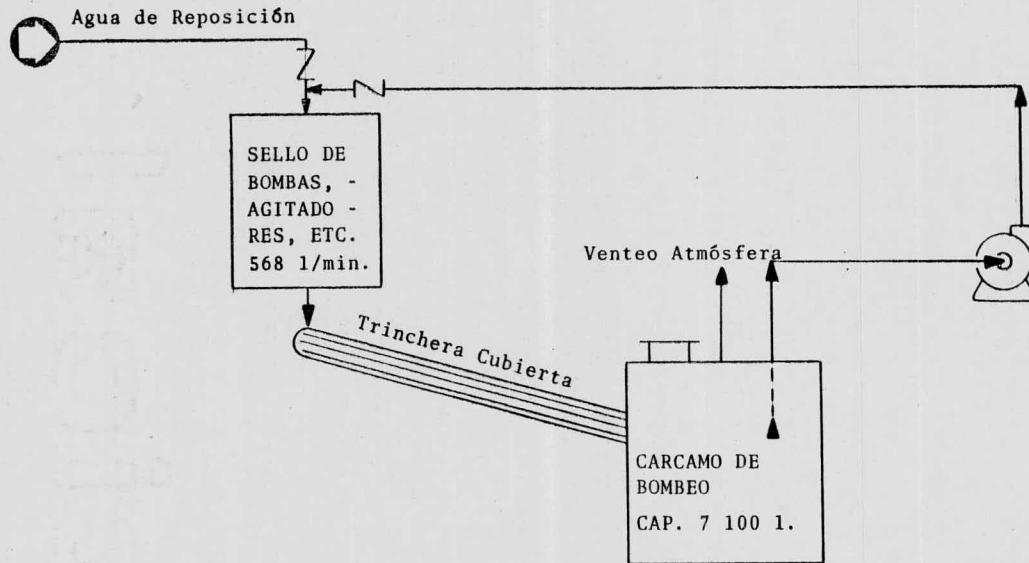
DIAG. N°

005

FECHA:

JUNIO-78

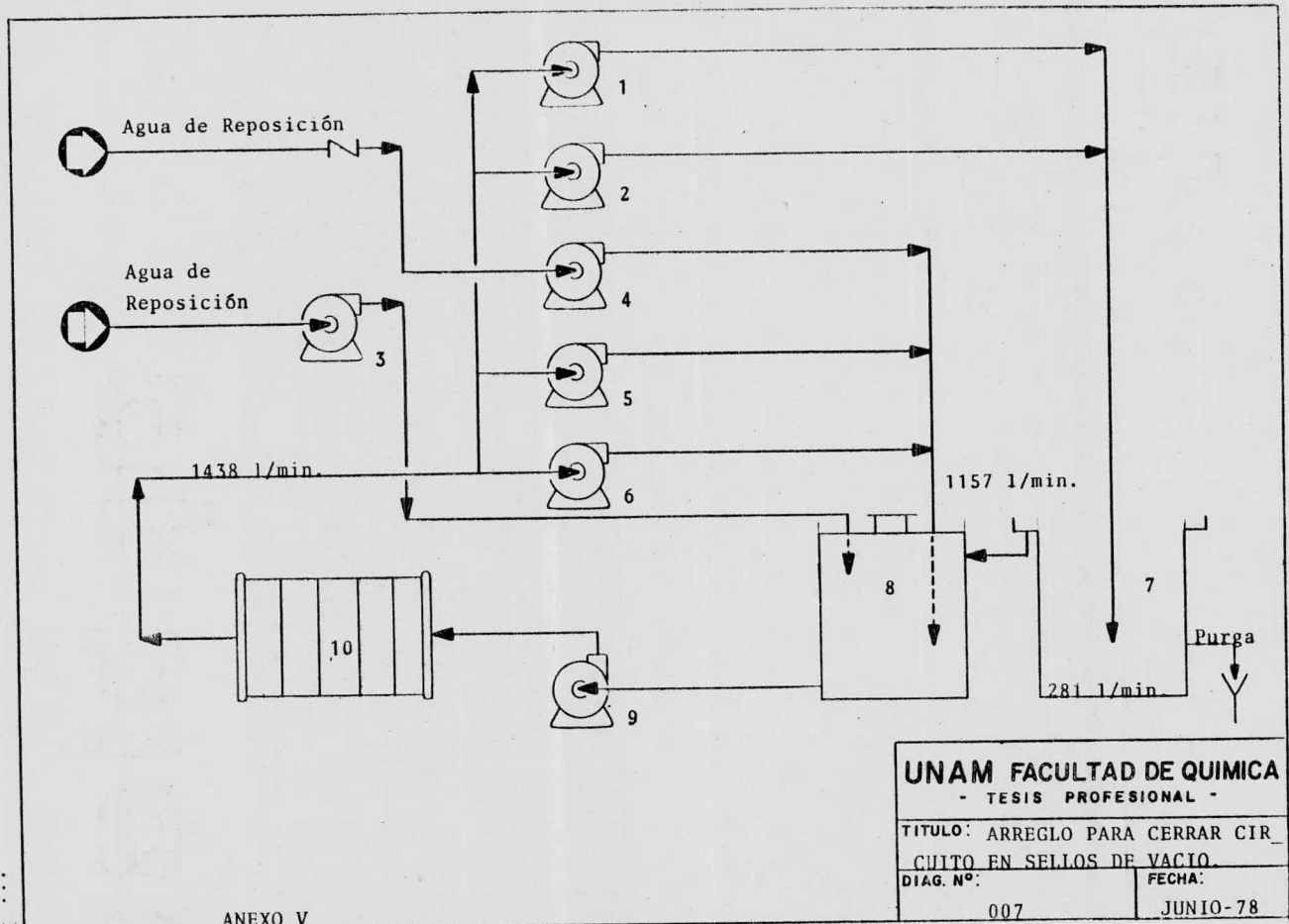
ANEXO III



ANEXO IV

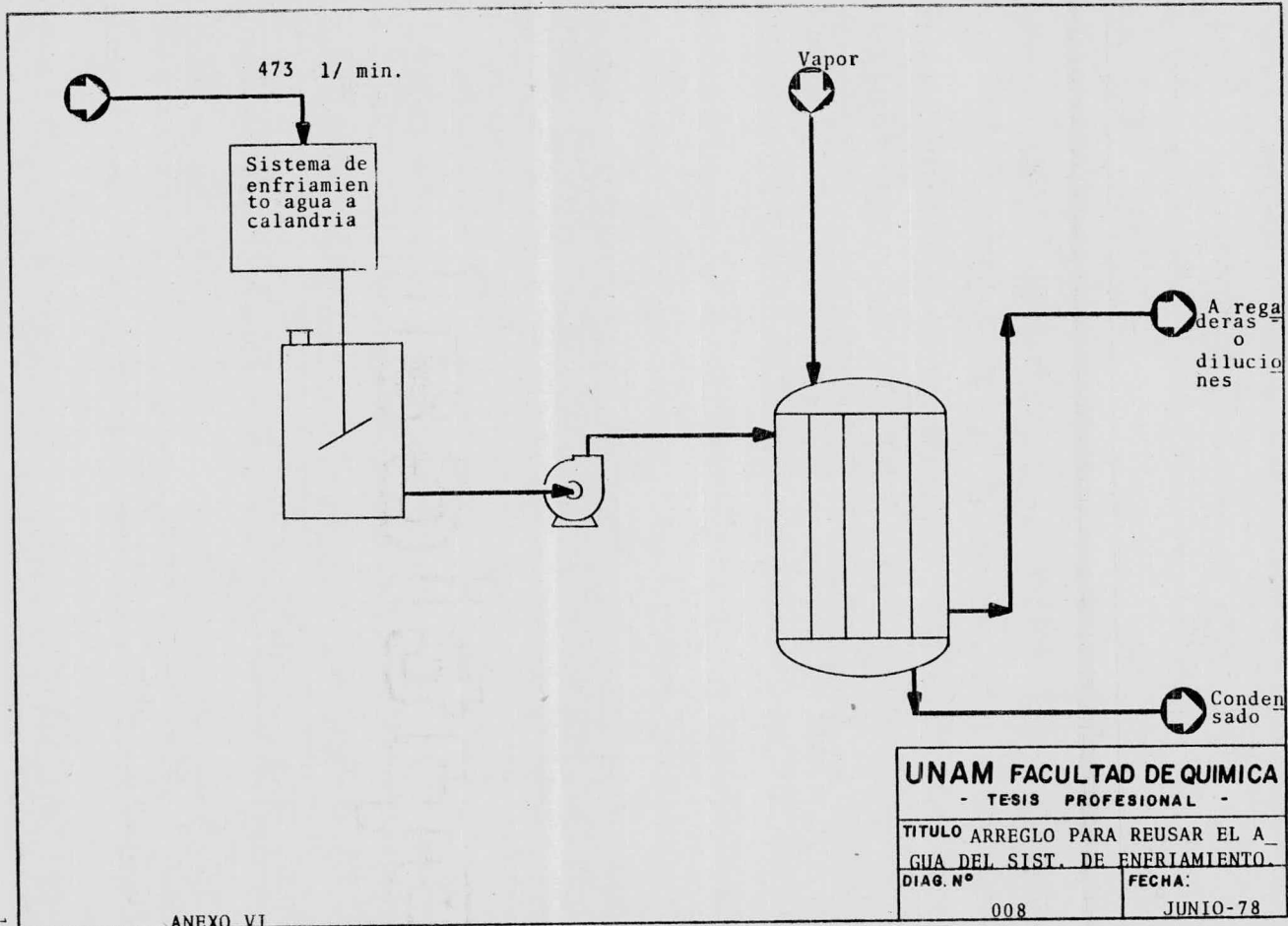
<b>UNAM FACULTAD DE QUIMICA</b>	
- TESIS PROFESIONAL -	
TITULO: ARREGLO PARA CERRAR CIR_	
CUITO EN SELLOS HIDRAULICOS	
DIAG. N°	FECHA:
006	JUNIO-78

- 1.- Bombas de vacío cajas de fieltros.
- 2.- Extractor colector rodillo superior primera prensa.
- 3.- Bomba de vacío secadores de papel.
- 4.- Bomba de vacío y cajas de succión.
- 5.- Bomba de vacío rodillo couch.
- 6.- Bomba de vacío rodillo de prensas.
- 7.- Tanque separador de fibra de fieltro del agua.  
(Cap. 3 512 1 ).
- 8.- Fosa de recirculación de agua (Cap. 7 970 1 ).
- 9.- Bomba de recirculación  
(1 438 l/min).
- 10.- Filtro duplex de canasta  
(Cap. 1 438 l/min canasta).



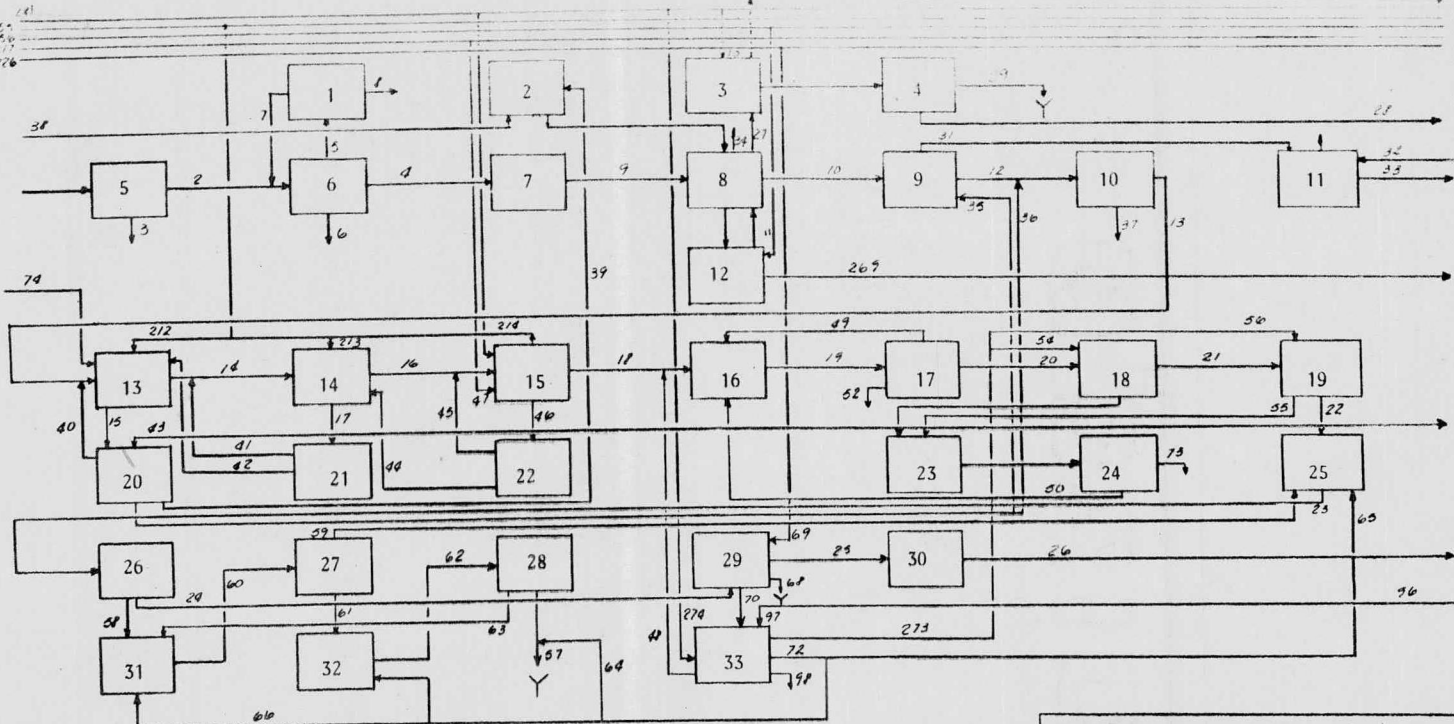
**UNAM FACULTAD DE QUIMICA**  
 - TESIS PROFESIONAL -  
 TITULO: ARREGLO PARA CERRAR CIR-  
 CUITO EN SELLOS DE VACIO.  
 DIAG. N°: 007      FECHA: JUNIO-78

ANEXO V



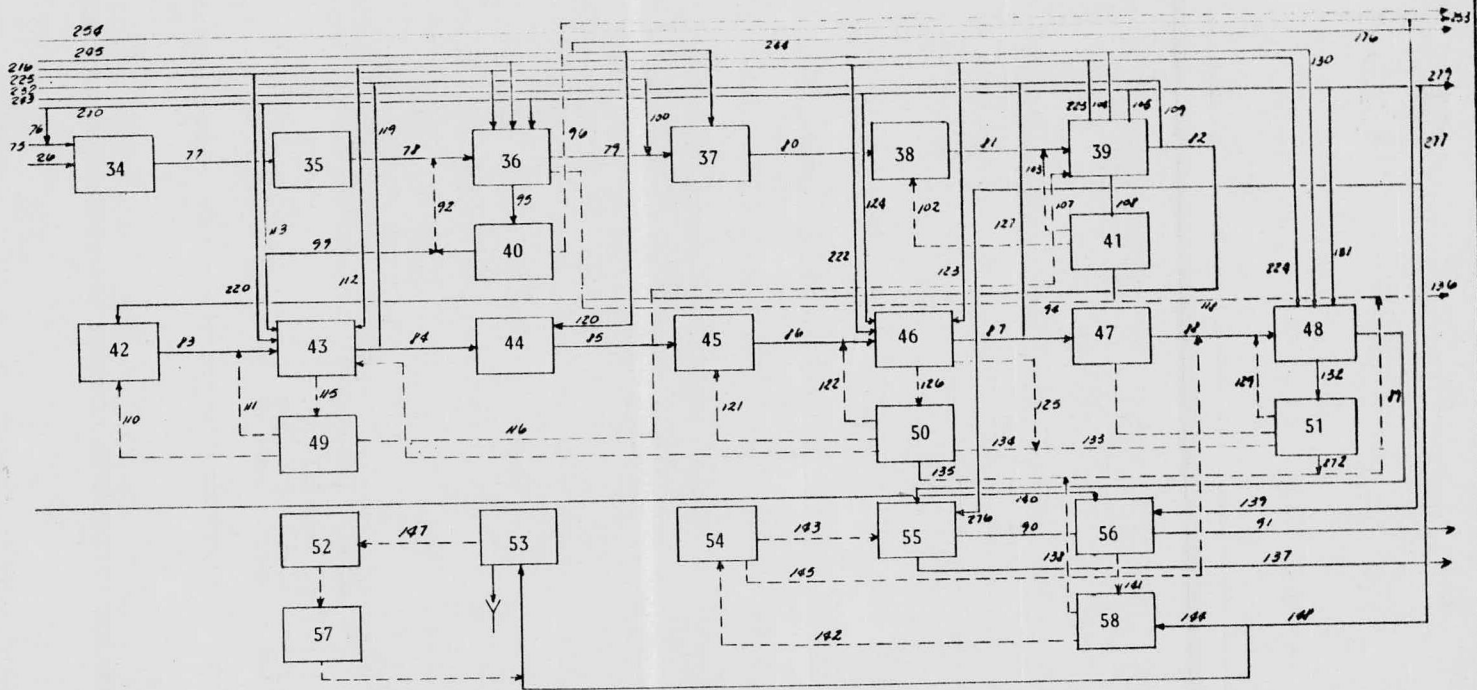
ANEXO VI

1001



UNAM FACULTAD DE QUÍMICA  
 - TESIS PROFESIONAL -  
 TITULO  
 DIAGRAMA DE BALANCE  
 DIAG N 009-1 FECHA JUNIO-78

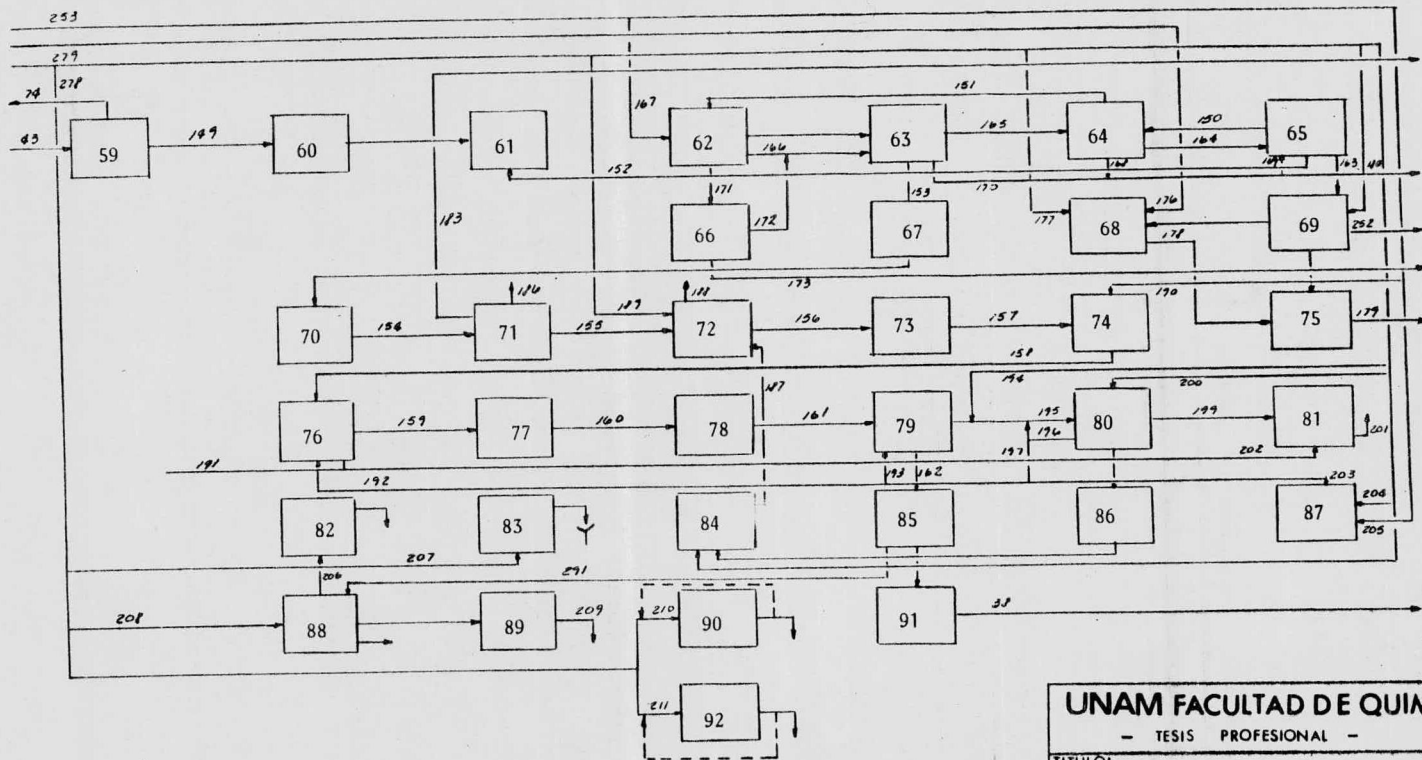




**UNAM FACULTAD DE QUIMICA**  
 - TESIS PROFESIONAL -

TITULO:  
 DIAGRAMA DE BALANCE

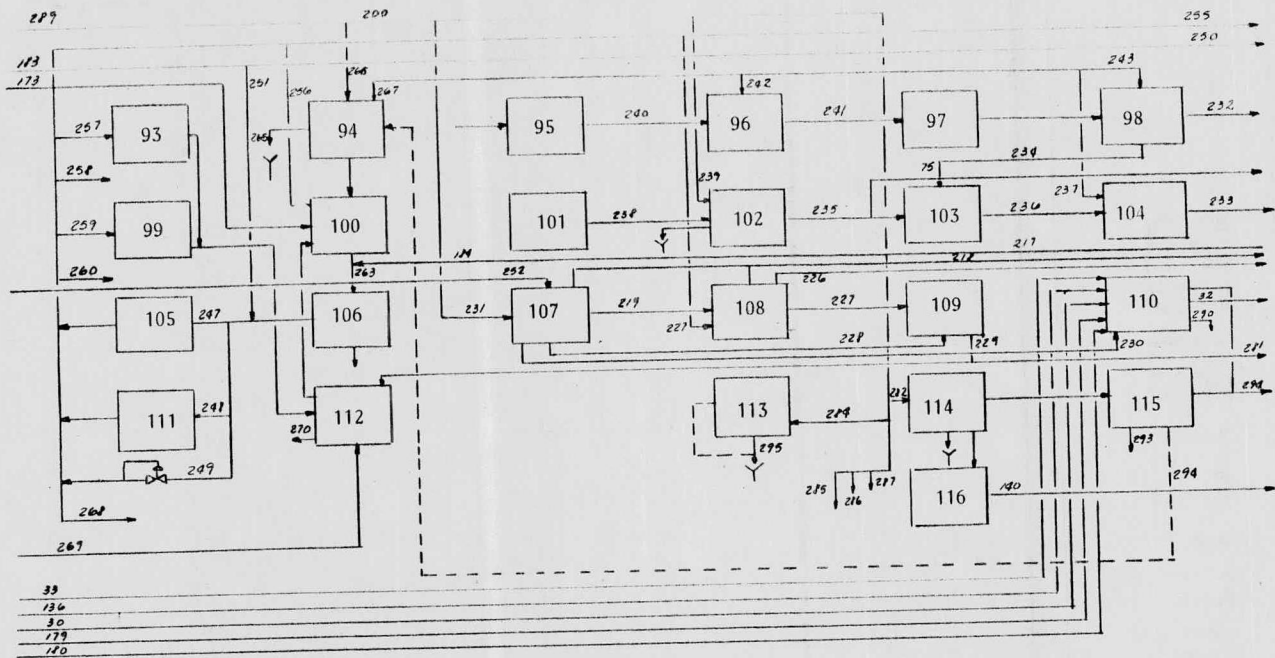
DIAG N: 009-2      FECHA: JUNIO-78



**UNAM FACULTAD DE QUIMICA**

- TESIS PROFESIONAL -

TITULO:	
DIAGRAMA DE BALANCE	
DIAG N	FECHA:
009-3	JUNIO-78



UNAM FACULTAD DE QUIMICA

- TESIS PROFESIONAL -

TITULO

DIAGRAMA DE BALANCE

DIAG N

009-4

FECHA:

JUNIO- 78

- 1.- Reastilladora
- 2.- Tanque de licor de cocción
- 3.- Condensador
- 4.- Separador de aguarrás
- 5.- Astilladora
- 6.- Criba vibratoria
- 7.- Almacenamiento de astillas
- 8.- Cocedores del 1 al 4
- 9.- Tanque de soplado
- 10.- Separador de nudos
- 11.- Condensador por contacto directo
- 12.- Calentador
- 13.- 1a. Lavadora de pulpa café
- 14.- 2a. Lavadora de pulpa café
- 15.- 3a. Lavadora de pulpa café
- 16.- Tanque de almacenamiento de pulpa café
- 17.- Criba vibratoria
- 18.- Criba rotatoria no. 1
- 19.- Criba rotatoria no. 2
- 20.- 1er. Tanque de filtrado
- 21.- 2do. Tanque de filtrado
- 22.- 3er. Tanque de filtrado
- 23.- Tanque de criba secundaria
- 24.- Criba vibratoria
- 25.- Tanque de limpiadores
- 26.- Limpiador primario
- 27.- Limpiador secundario

- 28.- Limpiador terciario
- 29.- Espesador
- 30.- Tanque de almacenamiento de depurado
- 31.- Tanque de limpiador secundario
- 32.- Tanque de limpiador terciario
- 33.- Tanque de agua blanca del espesador
- 34.- Mezclador de cloro
- 35.- Torre de cloración
- 36.- Lavadora de cloro
- 37.- Mezclador de sosa cáustica no. 1
- 38.- Torre de extracción alcalina no. 1
- 39.- Lavadora de sosa cáustica no. 1
- 40.- Tanque de sello de la lavadora de cloro
- 41.- Tanque de sello de la lavadora de sosa cáustica
- 42.- Torre de hipoclorito no. 1
- 43.- Lavadora de hipoclorito no. 1
- 44.- Mezclador de sosa cáustica no. 2
- 45.- Torre de extracción alcalina no. 2
- 46.- Lavadora de sosa cáustica no. 2
- 47.- Torre de hipoclorito no. 2
- 48.- Lavadora de hipoclorito no. 2
- 49.- Tanque de sello de lavadora de hipoclorito no. 1
- 50.- Tanque de sello de lavadora de sosa cáustica
- 51.- Tanque de sello de lavadora de hipoclorito no. 2
- 52.- Tanque de bombeo y bomba
- 53.- Bomba de vacío de la laminadora
- 54.- Tanque de almacenamiento de agua blanca

- 55.- Tanque de almacenamiento de pulpa blanqueada
- 56.- Laminadora
- 57.- Filtro doble de canasta
- 58.- Separador de humedad de la laminadora
- 59.- Filtro de licor negro
- 60.- Tanque de sello del filtro de licor negro
- 61.- Tanque de almacenamiento de licor negro débil
- 62.- Evaporador 1er. efecto
- 63.- Evaporador 2do. efecto
- 64.- Evaporador 3er. efecto
- 65.- Evaporador 4to. efecto
- 66.- Tanque de autoevaporacion
- 67.- Tanque de almacenamiento de licor negro concentrado
- 68.- Eyectores del sistema de vacío
- 69.- Condensador
- 70.- Evaporador de contacto directo
- 71.- Caldera de recuperación
- 72.- Tanque de disolución
- 73.- Tanque de almacenamiento de licor verde
- 74.- Calentador de licor verde
- 75.- Tanque de sello
- 76.- Apagador de cal
- 77.- Tanque de licor de apagado
- 78.- Caustificador
- 79.- Filtro de licor blanco
- 80.- Filtro de lodos
- 81.- Horno de cal

- 82.- Bomba de vacío del filtro de licor blanco
- 83.- Bomba de vacío del filtro de lodos
- 84.- Tanque de almacenamiento de lavado débil
- 85.- Separador del filtro de licor blanco
- 86.- Separador del filtro de lodos
- 87.- Tanque de agua caliente
- 88.- Condensador de contacto directo
- 89.- Tanque de sello
- 90.- Sello de bomba y agitadores del área de caustificación
- 91.- Tanque de almacenamiento de licor blanco
- 92.- Sello de bombas del área de recuperación de químicos
- 93.- Calentador de aire de la caldera de recuperacion
- 94.- Tratamiento de agua para caldera
- 95.- Tanque de almacenamiento de sosa cáustica al 50%
- 96.- 1er. Mezclador de sosa cáustica
- 97.- Tanque de almacenamiento de sosa cáustica al 20%
- 98.- 2do. Mezclador de sosa cáustica
- 99.- Calentador de aire de caldera
- 100.- Desaireador
- 101.- Tanque de almacenamiento de cloro líquido
- 102.- Vaporizador de cloro
- 103.- Reactor de hipoclorito de sodio
- 104.- Tanque de almacenamiento de hipoclorito de sodio
- 105.- Turbina del soplador de la caldera de recuperación
- 106.- Caldera
- 107.- Tanque de almacenamiento de agua caliente
- 108.- Calentador de agua

- 109.- Tanque de autoevaporación
- 110.- Tanque de agua recuperada
- 111.- Turbina del soplador de la caldera
- 112.- Tanque de condensados
- 113.- Sistema de sellos en el área de pulpa
- 114.- Tratamiento de agua al proceso
- 115.- Compresor de aire
- 116.- Bomba de alta presión



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

## BIBLIOGRAFIA

---

1. Memoria Estadística 1975, Cámara Nacional de la Industria del Papel.
2. Gran, Julius, Manual sobre la Fabricación de Pulpa y Papel, Cía. Ed. Continental, México 1968.
3. Gilel, A.J. Closing Up the Mill Water System, New England, Junio 1974.
4. DO - This N.G., Y Freeman J.S., Closing Up the System Paper Machine Room Pima, Septiembre 1974.
5. Estudio de Aceptación de Agua Tratada en el Sector Industrial, (ITESM) SRH 1974.
6. Casey James P., Pulp and Paper - Chemistry and Chemical Technology, volume II. Papermaking, Princeton 1970.
7. Libby C. Earl, Ciencia y Tecnología sobre Pulpa y Papel, Tomo I y II, Cía. Ed. Continental, Enero 1977, 6a. Ed.
8. Brown H.B. Conservation of Water in the Pulp and Paper Industry through Recycle, Re-use, and Reclamation. Ind. Eng. Chem. 48, No. 12:2151-2155, December 1956.
9. Delaporte, A.V. and Vlassoff, L.T. Fresh Water Quality-its effect on product quality in the Pulp and Paper Industry. II. Some biological aspect of water quality. Tappi 43, No. 2:189-191A (February 1960).
10. Gehm, H.W. and Lardieri, N.J. Waste Treatment in the Pulp Paper and Paperboard Industries. Sewage and Ind. Wastes 28, No. 3:287-295 (March 1956).
11. Klinger, L.L. Water Conservation by External Re-use. Tappi 43, No. 7:669-672, July 1960.
12. Klinger, L.L. White Water and Fiber Loss Control Methods Featured at Superintendents Meeting. Paper Trade J. 142, No. 13:20-21, March 31, 1958.
13. Leonard, A.G., and Keating, R.J. Complete White Water Treatment in a Tissue Mill. Paper Mill News 81, No. 52:10, Dec. 29, 1958.

14. Lueck, B.F., Wiley, A.J., Scott, R.H., and Wisniewski, T. F. Determination of Stream Purification Capacity. Sewage and Ind. Wastes 29, No. 9:1054-1065, Sept. 1957.
15. Palladino, A.J. Your White Water Tank Design can be Improved, Paper Trade J. 142, No. 15:36-39 April 14, 1958.
16. Van Horn, W.M. Water Technology in the Pulp and Paper Industry. TAPPI Monograph Series No. 18 (1957).
17. Standards TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) T-620 m. E2p, M 400p.
18. Métodos TAPPI de control de rutina: RC-95, RC-148, RC-149, RC-150, RC-151, RC-174, RC-223, RC-261, RC-264, RC-265.
19. Flaschca H.A., Barnard A.J. Jr. y Sturrock P.E. Química Analítica Cuantitativa, Vol. I y II. Editorial C.E.C.S.A. 1a. Ed. 1973.
20. Lialikov. Y. Physicochemical Analysis, Editorial Mir 1a. Ed. Moscú 1964.
21. Ludwig Ernest E. Applied Project Management for the Process Industries. Gulf Publishing Co. 1974, Houston, Texas, U.S.A.
22. Peters Max S. Timmer Haus Claus D. Plant Design and Economics for Chemical Engineers 2nd. Ed. 1968. Mc Graw Hill, Book Co.
23. Degremont. Manual Técnico del Agua 1973.
24. Perry Robert H. Chilton Cecil H. Chemical Engineers, Handbook. 5th. Ed. 1973. Mc. Graw Hill Book Co.